



UNCUYO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS DE MAESTRÍA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN DISTRIBUIDA BAJO
DISTINTAS CONDICIONES DE MANEJO DE AGUA, EN EL CULTIVO DE
NARANJA, CV. "VALENCIA LATE" (*Citrus sinensis* L. Osbeck) EN BELLA
VISTA, CORRIENTES.

MAGISTER SCIENTIAE EN RIEGO Y DRENAJE

Tesista: QUISPE, Ariel F. Director: Ing. Hidr. MSc. MARANO, Roberto P.

Co-Director: Ing. Agr. Dr. GARIGLIO, Norberto F.

MENDOZA, 2013

COMITÉ EVALUADOR

M. Sc. Luis A.E. RODRÍGUEZ PLAZA.

M. Sc. Lidia N. PODESTÁ.

Ing. Agr. Esp. Víctor RODRÍGUEZ.

DEDICATORIA

A mis padres, por la confianza que me supieron inculcar y el apoyo brindado durante mi formación profesional.

A mi esposa Alejandra por su incondicional apoyo y compañía.

A mis hijos, Hernán y Julián quienes iluminan día a día mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Esteban, compañero de trabajo en la Agencia de Extensión Rural de INTA (AER-Bella Vista) quien supo guiarme en la Institución.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), por brindarme la oportunidad de realizar la maestría.

A mis compañeros (tractoristas) de la EEA-Bella Vista por su apoyo y acompañamiento desinteresado durante el desarrollo de este trabajo.

Al Grupo de Trabajo de Cítricos de la EEA-Bella Vista por el apoyo prestado en la realización de las tareas de campo y gabinete.

A Roberto y Norberto de la UNL quienes me guiaron y apoyaron en el desarrollo del trabajo.

Al Ing. Agr. Ph. D. Ricardo Melgar del INTA Pergamino por su apoyo brindado.

Al Ing. Agr. Ph. D. Enrique Sánchez Coord. del PNFRU del INTA, por el apoyo en la realización de la investigación.

RESUMEN

En la producción de naranja los suelos arenosos de baja fertilidad natural y reducida capacidad de retención de agua afectan los rendimientos en los casos en que no se adapte la tecnología de manejo del riego, y de la distribución de los nutrientes acorde a los requerimientos del cultivo.

El objetivo del trabajo fue aumentar la productividad de la naranja Valencia Late cultivada sobre suelo franco arcillo-arenoso (Paleudalf psaméntico) en la zona de Bella Vista, Corrientes. Se evaluó el efecto de la distribución del fertilizante bajo dos situaciones hídricas, analizándose su incidencia sobre la fenología, los componentes del rendimiento, y la producción cuali-cuantitativa del cultivo. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, siendo el factor de análisis la fertilización con dos niveles tanto para la situación de riego suplementario por goteo (SR) como de secano (SS). De este modo quedaron conformados dos ensayos con dos tratamientos cada uno: Ra0 = fertirriego 1 vez por semana, y Ra1 = fertirriego 3 veces por semana, para la condición de riego; Sa0 = fertilización de base, y Sa1 = fertilización fraccionada, para la condición de secano.

Los procesos fenológicos se comportaron en forma similar bajo las distintas situaciones evaluadas. La intensidad de floración y el amarre de frutos no mostraron efecto del fraccionamiento de los nutrientes, ni en SR ni en SS. El rendimiento y el número de frutos por planta aumentó significativamente por el fraccionamiento de la fertilización, aunque el incremento fue muy grande en SR (+50%) y mucho menor en SS (+10%). Asimismo, el tamaño de los frutos se mejoró notablemente como consecuencia del riego suplementario. Por último, la calidad interna de la fruta no fue afectada por las diferentes estrategias de distribución del fertilizante.

Estos resultados permiten afirmar que el fraccionamiento de la fertilización permitió incrementar los rendimientos a través del aumento del número de frutos por planta, mientras que el riego suplementario lo hizo a través de un mayor tamaño de los frutos.

Palabras clave: riego por goteo, fenología, fertirriego, nutrición, producción, calidad.

ABSTRACT

In the production of orange the sandy soils of poor fertility and low water holding capacity affect yields where no technology suits irrigation management and distribution of nutrients according to the requirements of the crop.

The objective was to increase the productivity of Valencia Late oranges grown on sandy clay loam soil (Paleudalf psaméntico) in the zone of Bella Vista, Corrientes. In the experiment the effect of the distribution of fertilizer under two water situations, analyzing their impact on phenology, yield components, and qualitative and quantitative production of the crop was evaluated. Experimental design was a randomized complete block with four replications, to be fertilization a factor of analysis with two levels for both the situation of supplementary irrigation drip (SR) and rainfed (SS). Thus two trials with two treatments each were formed: RA0 = 1 fertigation weekly and Ra1 = fertigation 3 times a week, for the condition of irrigation; Sa0 = basic fertilization, and Sa1 = fertilization fractional, for rainfed condition.

The phenological processes evaluated behaved similarly under the different situations. The intensity of flowering and fruit set showed no effect of fractionation of nutrients, neither SR nor SS. The yield and number of fruits per plant was significantly improved by the fractionation of fertilization, although the increase was much larger in SR (+50%) and much larger in SS (+10%). Also, the size of the fruit was significantly improved as a result of supplementary irrigation. Finally, the internal quality of the fruit was not affected by different fertilizer distribution strategies.

These results confirm that fractionation fertilization allowed to increase yields by increasing the number of fruits per plant, while supplementary irrigation made it through to an increased fruit size.

Key words: drip irrigation, phenology, fertigation, nutrition, production, quality.

INDICE

1. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS-DESARROLLO.....	16
1.1. Producción, superficie y comercio.....	16
1.1.1. Situación Mundial.	16
1.1.2. Situación Nacional.....	17
1.2. Caracterización agroclimática del área de estudio.....	20
1.2.1. Área de estudio.....	20
1.2.2. Suelos.....	21
1.2.3. Clima.	22
1.3. Cultivo de la naranja en Corrientes.....	23
1.3.1. Cultivo tradicional de naranja.....	23
1.3.2. Incorporación reciente de tecnología.....	24
1.4. Riego.	25
1.4.1. Requerimiento hídrico.	25
1.4.2. Requerimientos hídricos según fenología de la planta.....	26
1.4.3. Momento de inicio del riego.....	27
1.4.4. Control del riego.	29
1.5. Fenología del citrus.....	29
1.6. Componentes del rendimiento.....	31
1.6.1. Floración.....	31
1.6.1.1 Intensidad de floración.	31
1.6.1.2 Floración y porcentaje de cuajado de frutos.	32
1.6.2. Crecimiento y tamaño de los frutos.....	33
1.7. Absorción y distribución estacional del nitrógeno por parte de los citrus.	35
1.8. Fertilización de secano.....	36
1.9 Fertirriego.	38

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
2.1. Hipótesis.....	42
3. MATERIALES Y METODOS	43
3.1. Sitio, cultivo y prácticas de manejo	43
3.2. Experimento en situación de riego.	43
3.3. Experimento en situación de secano.	44
3.4. Diseño experimental.	44
3.5. Programación de las Necesidades de Riego.	45
3.6. Determinación de la dosis y tiempo de riego.	48
3.7. Determinación de las constantes hídricas.	50
3.8. Control del agua en el suelo.....	50
3.8.1. Gravimetría (G).	50
3.8.2. Tensiómetros (T).	51
3.9. Registros fenológicos.	51
3.10. Intensidad de floración.	53
3.11. Cuajado de frutos.....	53
3.12. Estado nutricional.	53
3.12.1. Macro nutrientes foliares.	53
3.12.2. Macro nutrientes en suelo.....	54
3.13. Rendimiento y calidad.	54
3.14. Productividad del agua (PA).....	55
3.15. Análisis estadístico.	55
4. RESULTADOS Y DISCUSION	56
4.1. Clima y suelo.	56

4.1.1	Macro nutrientes en el suelo.....	56
4.1.2	Clima.....	57
4.2	Agua en el suelo.....	58
4.2.1.	Curva de retención hídrica.....	58
4.2.2.	Balance hídrico.....	60
4.3	Nutrición.....	64
4.3.1	Macro nutrientes foliares.....	64
4.4	Cultivo.....	68
4.4.1	Evolución de la fenología.....	68
4.5.	Componentes del rendimiento.....	72
4.5.1.	Intensidad de floración.....	72
4.5.2.	Cuajado de frutos.....	76
4.6.	Rendimiento.....	81
4.7.	Calidad.....	85
5.	CONCLUSIONES.	88
6.	BIBLIOGRAFIA.	90
7.	ANEXOS.	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estratificación por superficie (ha) de las quintas cítricas en producción por estrato de superficie, en la provincia de Corrientes, distribuidas en las cuencas Bellavistense y Monte Caseros.....	20
Tabla 2. Caracterización química del suelo en situación de riego a una profundidad de 45 cm. Campaña 2010.	56
Tabla 3. Caracterización química del suelo en situación de secano a profundidad de 45 cm. Campaña 2010.	57
Tabla 4. Lámina de agua total (LAT, mm) para diferentes potenciales mátricos (Ψ_m , en kPa) determinadas en condiciones de laboratorio (CRH) y a campo (T+G).....	59
Tabla 5. Datos de evapotranspiración de cultivo (ETc), Precipitación total (Pt), Precipitación efectiva (Pe), Lámina de Riego neta (LRn) en mm y Número de Riegos aplicados durante el tratamiento en SR.	61
Tabla 6. Distribución de las brotaciones, en la situación de riego para el tratamiento donde la fertilización se aplica una vez (Ra0), o se fracciona en tres veces (Ra1) semanales. Campaña 2010-2011.	73
Tabla 7. Distribución de las brotaciones en la situación de secano para fertilización de base (Sa0) y fertilización una vez por semana (Sa1). Campaña 2010-2011.	75
Tabla 8. Efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el número de fruta por planta, peso medio de las frutas (g) y rendimiento total de fruta ($Mg\ ha^{-1}$), y productividad del agua (PA; $kg\ m^{-3}$) para los tratamientos en situación de fertirriego tres veces (Ra1) y una vez (Ra0) por semana.....	82
Tabla 9. Efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el número de fruta por planta, el peso medio de la fruta (g), y el rendimiento total ($Mg\ ha^{-1}$) en situación de secano. Fertilización aplicado una vez a la semana (Sa1) y de base (Sa0). Campaña 2010-2011.	83

Tabla 10. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre diferentes parámetros del fruto de naranja dulce, cv. Valencia late, para los tratamientos en situación de riego Ra1 y Ra0. Datos correspondientes a la campaña 2010/2011...	85
Tabla 11. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre diferentes parámetros del fruto de naranja dulce, cv. Valencia late, para los tratamientos en situación de secano. Fertilización una vez a la semana (Sa1) y de base (Sa0). Datos correspondientes a la campaña 2010/2011.....	86
Tabla 12. Datos de contenido de agua en el suelo (θ) a diferentes tensiones obtenidas con ollas de presión.	105
Tabla 13. Datos diarios en Ra0 de evapotranspiración (ET0), evapotranspiración de cultivo (ETc), precipitación total (Pt), precipitación efectiva (Pe), fertirriego (FR), riego, lámina de agua remanente (LAR), necesidad de riego neta y exceso en mm. Tiempo de riego (Tr) en h. Durante la campaña 2010-2011.....	105
Tabla 14. Datos diarios en Ra1 de evapotranspiración (ET0), evapotranspiración de cultivo (ETc), precipitación total (Pt), precipitación efectiva (Pe), fertirriego (FR), riego, lámina de agua remanente (LAR), necesidad de riego neta y exceso en mm. Tiempo de riego (Tr) en h. Durante la campaña 2010-2011.....	106
Tabla 15. Planilla modelo (Marano et al., 2011) para el balance hídrico diario, durante la campaña 2010-2011.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de cítricos (millones de toneladas), y principales países productores. Fuente: FERDERCITRUS (2011).....	16
Figura 2. Destino de la producción de naranjas en Argentina, durante la campaña 2010. Fuente: FEDERCITRUS (2011).....	17
Figura 3. Superficie implantada con naranjas por provincia para el año 2010. Fuente: FEDERCITRUS (2011).....	18
Figura 4. Ubicación geográfica y área de influencia de las cuencas Bellavistense y Río Uruguay. Fuente: Elaborado en base a Ligier et al. (2002, 2004 y 2005).	19
Figura 5. Valores medios mensuales provenientes de registros de temperatura (1941-2007) y precipitaciones (1982-2008) en la Cuenca Bellavistense, provincia de Corrientes. Fuente: Estación Agrometeorológica-EEA INTA Bella Vista (2008).	22
Figura 6. Línea de tiempo que resume los principales eventos de la evolución de la producción de cítricos en Corrientes. Fuente: Adaptado a partir de Rodríguez (1972), López (1980), y Gutman et al. (1988).	24
Figura 7. Tipo de brotes florales en naranjo. (RF) ramillete floral, (FS) flor solitaria, (BC) brote campanero, (BM) brote mixto y (BV) brote vegetativo. Fuente: Agustí 2003.	30
Figura 8. Curva de crecimiento de los frutos cítricos. Fuente: adaptado de Agustí (2003).....	34
Figura 9. Diagrama del diseño experimental y distribución de las parcelas en situación de Riego (SR) y de Secano (SS).....	45
Figura 10. Estadios vegetativos en brotaciones de citrus. Fuente: Garrán et al. (1993).....	52
Figura 11. Distintos estadios reproductivos en citrus. Fuente: Garrán et al. (1993).52	
Figura 12. Precipitación media mensual para el período mayo 2010–agosto 2011 y precipitación media mensual histórica (1982-2008). Temperaturas máximas,	

mínimas y medias mensuales (°C) registradas en la Estación Agrometeorológica EEA-INTA Bella Vista para el período mayo 2010-agosto 2011.....	58
Figura 13. Valores de contenidos hídricos del suelo en laboratorio y curva de retención hídrica ajustada (Infostat, 2010). ($y = 56,83x^{-0,45}$ $R^2 = 1$)	59
Figura 14. Evapotranspiración de cultivo semanal (ETc), precipitación efectiva semanal (Pe) y lámina de riego semanal aplicada en Ra0.	62
Figura 15. Evapotranspiración de cultivo semanal (ETc), precipitación efectiva semanal (Pe) y lámina de riego semanal aplicada a Ra1.	62
Figura 16. Valores diarios de Evapotranspiración de cultivo (ETc) y precipitaciones diarias (Pt -----) para el período comprendido entre el 22 de diciembre de 2010 y el 30 marzo de 2011 (a); y para los meses de noviembre y diciembre de 2010 (b). Datos expresados en mm diarios.	63
Figura 17. Concentración (% p/p) de N (a), P (b), K ⁺ (c), Mg ²⁺ (d) y Ca ²⁺ (e), en hojas fructíferas del naranjo dulce, bajo condiciones de riego localizado para los tratamientos Ra1 y Ra0, durante los años 2010 y 2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).....	65
Figura 18. Concentración (% p/p) de N (a), P (b), K ⁺ (c), Mg ²⁺ (d) y Ca ²⁺ (e), en hojas fructíferas del naranjo dulce, bajo condiciones de secano para los tratamientos Sa1 y Sa0, durante las campañas 2010/2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).....	67
Figura 19. Evolución de la fenología, de los brotes vegetativos (a) y reproductivos (b), en el naranjo dulce, durante la campaña 2010/2011 en Bella Vista, Corrientes, bajo situación de riego.	70
Figura 20. Evolución fenológica de los estadios vegetativos (a) y reproductivos (b) de Naranja Valencia late, durante la campaña 2010-2011 en Bella Vista, Corrientes. Situación de Secano.....	71

Figura 21. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre la intensidad de floración en situación de riego, para los tratamientos Ra1 y Ra0 en la campaña 2010/2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).	72
Figura 22. Distribución porcentual de brotes florales por cuadrantes en situación de riego. Campaña 2010-2011.....	74
Figura 23. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre la intensidad de floración bajo condición de secano. Campaña 2010-2011, en los tratamientos Sa1 y Sa0. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).....	75
Figura 24. Distribución porcentual de brotes florares por cuadrantes en situación de secano. Campaña 2010-2011.....	76
Figura 25. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el porcentaje de cuajado de frutas en naranja Valencia late (a), y en diferentes cuadrantes de la copa (b) bajo situación de riego por goteo. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Periodo septiembre 2010 a febrero 2011..	77
Figura 26. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el porcentaje de cuajado de frutas en naranja Valencia late (a), y en los diferentes cuadrantes de la copa (b), bajo situación de secano. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Periodo septiembre 2010 a febrero 2011..	78
Figura 27. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el peso medio de las frutas (g), de naranja, en situación de riego, para los tratamientos Ra1 y Ra0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011.....	79
Figura 28. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el peso medio de las frutas (g), de naranja, en situación de secano, para los tratamientos Sa1 y Sa0.	

Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Campaña 2010-2011..... 80

Figura 29. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el número medio de frutas por planta en naranja dulce, en situación de riego suplementario. En los tratamientos Ra1 y Ra0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011. 81

Figura 30. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el número medio de frutas por planta en naranja dulce, en situación de seco, en los tratamientos Sa1 y Sa0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011..... 83

1. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS-DESARROLLO.

1.1. Producción, superficie y comercio.

1.1.1. Situación Mundial.

El origen de los cítricos se localiza en Asia oriental. La naranja dulce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) pertenece a la familia de las *Rutaceae* y su fruto es un hesperidio. La variedad 'Valencia late' es posiblemente originaria de las Islas Azores desde donde se llevó a Florida y California, para luego ser trasladada a España. Actualmente el cultivo de los cítricos se extiende por la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre las latitudes 44°N y 41°S. Sin embargo, dado que las condiciones climáticas son un factor determinante de la producción y de la calidad de los frutos, la mayor proporción de las explotaciones comerciales se encuentra entre los 20° y 40° de latitud en los hemisferios norte y sur, en zonas preferentemente húmedas, tanto desde el punto de vista de la humedad atmosférica como del suelo, y temperaturas cálidas pero suaves (Agustí, 2003).

La producción mundial de cítricos es de 82,5 millones de toneladas, de los cuales la naranja dulce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) representa el 60% (FERDERCITRUS, 2011). Entre los principales países productores se encuentran Brasil, Estados Unidos de América, India, China, México, Irán, España, Italia, Egipto e Indonesia (Fig.1).

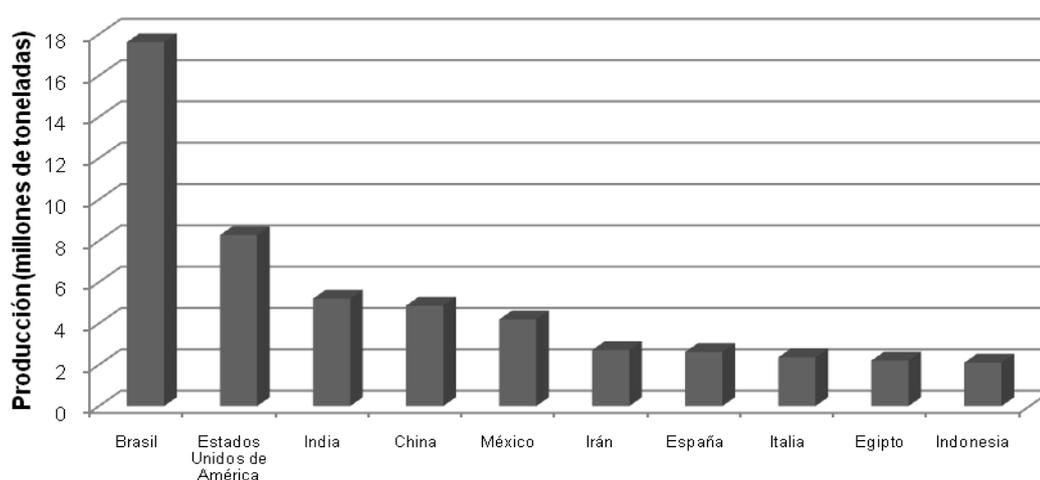


Figura 1. Producción mundial de cítricos (millones de toneladas), y principales países productores. Fuente: FERDERCITRUS (2011).

1.1.2. Situación Nacional.

En Argentina, dentro de la producción de frutas frescas los cítricos son el principal producto con 2,5 millones de toneladas, de las cuales la naranja dulce participa con 833.486 Mg, que representan el 1,69% de la producción mundial y el 4,47% de la producción del hemisferio sur. La región del NEA aporta el 73,47% de la producción nacional de naranjas, mientras que el NOA representa el 23,89%. El resto de las regiones solo aporta el 2,64% de la producción. La fruta fresca de naranja se destina en un 54% al mercado de consumo interno de fruta fresca, 24% a la industria de jugos concentrados, y el 22% a la exportación para consumo fresco (FEDERCITRUS, 2011) (Fig. 2). Las exportaciones de naranjas durante 2010 superaron los 147.000 Mg, volumen 13% superior al registrado en 2009, por un valor FOB 17% superior. Los Países Bajos, España, Rusia y Paraguay lideraron los destinos; sin embargo, Portugal, Italia, Reino Unido, Bélgica, Lituania y Canadá están cobrando cada vez mayor importancia. De enero a septiembre del 2010, la UE recibió el 70% de las naranjas exportadas por la Argentina (FEDERCITRUS, 2011).

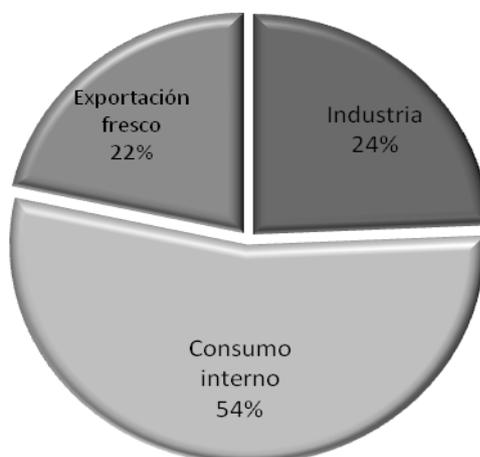


Figura 2. Destino de la producción de naranjas en Argentina, durante la campaña 2010. Fuente: FEDERCITRUS (2011).

Estos mercados son muy exigentes en la calidad del producto, el cual debe satisfacer las normas de calidad y proceso señaladas en la EUREP GAP, HACCP (Molina, 2007). El mercado internacional de frutas cítricas frescas es altamente

especializado, presentando características tales como que el producto es ofrecido temporalmente (contraestación), la producción está sujeta a factores climáticos, y el producto es perecedero. Estos y otros factores con mayor o menor nivel de control como el empaque, la cadena de frío, los tratamientos para su conservación, entre otros, hacen de la comercialización de las frutas frescas cítricas una actividad exigente (Guía para el exportador cítrico, 2007).

Las frutas Argentinas compiten en este mercado con las producciones del hemisferio sur, principalmente Sudáfrica, Nueva Zelanda, Uruguay y Brasil. El efecto contraestación en la producción cítrica tiene su aspecto positivo por el hecho de que en verano/primavera del hemisferio norte la disponibilidad de frutas locales es nula, siendo los únicos proveedores los países del hemisferio sur, entre ellos Argentina, que cumple con los requisitos exigidos por estos mercados (Guía para el exportador cítrico, 2007).

En Argentina, la superficie implantada con naranjas es de 48.229 ha (Fig. 3), siendo Entre Ríos y Corrientes las provincias en las que se concentra la mayor área, con el 66,8% del cultivo implantado y el 72% de la producción. La provincia de Corrientes participa con un 25,18% de la superficie y un 15,6% de la producción nacional (FEDERCITRUS, 2011).

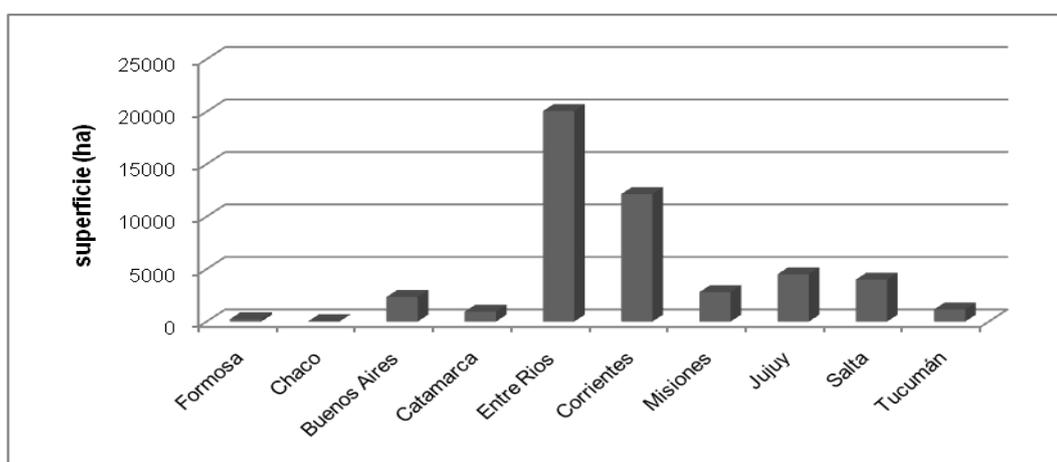


Figura 3. Superficie implantada con naranjas por provincia para el año 2010. Fuente: FEDERCITRUS (2011).

Dentro de la provincia de Corrientes, existen dos cuencas principales de producción (Fig. 4); la cuenca Bellavistense, que se extiende desde la costa del río Paraná hacia el este y está comprendida por los departamentos de Bella Vista, Concepción, Saladas, San Roque, Mburucuyá, y Lavalle; y posee el 30.5% de la

superficie en explotación. Por otro lado la cuenca del Río Uruguay, que comprende el departamento Monte Caseros sobre la margen del río Uruguay, y representa el 63,2% de la superficie (Ligier et al., 2002, 2004 y 2005).

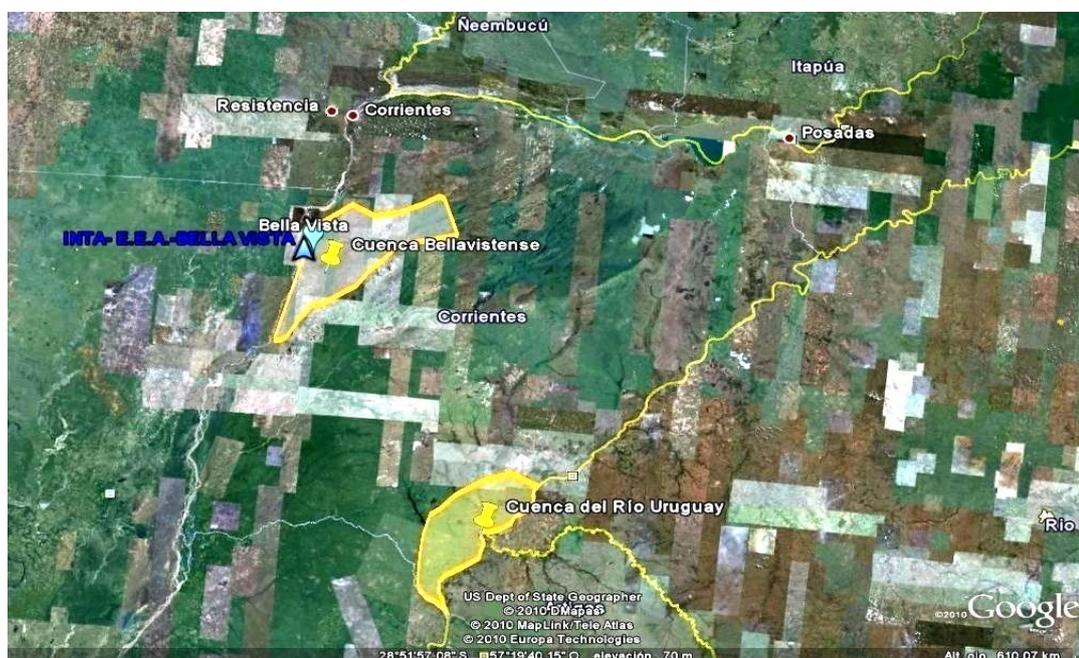


Figura 4. Ubicación geográfica y área de influencia de las cuencas Bellavistense y Río Uruguay. Fuente: Elaborado en base a Ligier et al. (2002, 2004 y 2005).

En Monte Caseros se relevaron 741 quintas, presentando un tamaño promedio de 32 hectáreas. En la Cuenca Bellavistense existen 577 quintas con un tamaño medio de 18 hectáreas (Molina, 2007).

En el departamento de Bella Vista actualmente conviven al menos tres tipos de sistemas productivos característicos. La empresa familiar de subsistencia (hasta 6 ha), empresa familiar capitalizada (6-20 ha) y empresas de mayor escala (> 50 ha) (Castro y Peichotto, 1997).

En la Provincia de Corrientes el 48% de las quintas tienen un tamaño menor a 10 ha y un 43% se encuentra entre 10 y 50 ha (Tabla 1), lo cual refleja que la mayor proporción de las quintas en producción son empresas familiares (Molina, 2007).

Tabla 1. Estratificación por superficie (ha) de las quintas cítricas en producción por estrato de superficie, en la provincia de Corrientes, distribuidas en las cuencas Bellavistense y Monte Caseros.

Tamaño	Cuenca Bellavistense	Monte Caseros	Total	%
< de 5	257	110	367	28
5,1-10,0	124	142	266	20
10,1-25,0	114	265	379	29
25,1-50,0	38	153	191	14
50,1-100,0	26	56	82	6
100,1-250,0	16	14	30	2
> de 250,0	2	1	3	0,2
Total	577	741	1318	100

Fuente: Molina (2007).

La principal variedad de naranja cultivada en la Provincia es 'Valencia Late', ocupando 12.134 ha con una densidad promedio de 344 pl ha⁻¹. Dentro de la cuenca Bellavistense se registraron 3012 ha de esta variedad (Ligier et al., 2002, 2004, 2005). De los destinos de la producción relevados durante la campaña 2004, se observó que un 40% fue para el consumo en fresco, el 50% para el procesamiento industrial, mientras que un 10% se exportó (Ligier et al., 2002, 2004, 2005).

Los rendimientos medios en quintas en plena producción con manejo tradicional para la campaña 2004/2005, estuvieron comprendidos dentro del rango de 18 a 25 Mg ha⁻¹. En el caso de las plantaciones que han incorporado mayor tecnología, este valor ascendió a 35-55 Mg ha⁻¹, y para plantaciones con riego se alcanzaron rendimientos entre 70-90 Mg ha⁻¹ (Ligier et al., 2002, 2004, 2005).

1.2. Caracterización agroclimática del área de estudio.

1.2.1. Área de estudio.

La ubicación del área de estudio se encuentra en la E.E.A. del INTA en la ciudad de Bella Vista, provincia de Corrientes, Argentina; 28° 26' Latitud Sur y 58° 59' Longitud Oeste, a una altura de 70 m.s.n.m.

Geomorfológicamente forma parte de una cuenca sedimentaria muy antigua, transformada en una extensa llanura que se prolonga hacia el oeste. Topográficamente tiene baja amplitud de relieve: unos 200 m entre sus cotas extremas (220 y 20 m en los extremos NE y SO, respectivamente), predominando las extensas planicies en el oeste (Escobar et al., 1996).

La unidad geomorfológica es de lomas, planicies embutidas y depresiones; las lomadas se encuentran sobreelevadas unos 10 metros sobre el nivel de la planicie y separadas de lagunas aisladas o asociadas. Los suelos son poco evolucionados, arenosos, con vegetación de sabana abierta. Las planicies embutidas se extienden entre las lomas, en su mayoría inundable y ambientes de típicas cañadas y esteros. En ésta región las tierras altas se utilizan para ganadería, sobre campos naturales; agricultura (citrus principalmente) y forestación (eucalipto) (Escobar et al., 1996).

1.2.2. Suelos.

Los suelos, de acuerdo a su taxonomía, pertenecen al orden **Alfisol**, que presenta un horizonte subsuperficial de enriquecimiento secundario de arcillas desarrollado en condiciones de acidez o de alcalinidad sódica, y asociado con un horizonte superficial claro, generalmente pobre en materia orgánica o de poco espesor. El Suborden identificado en base a la humedad del suelo es **Udalf**, donde el suelo no se seca totalmente durante el verano, existiendo durante casi todo el año un cierto grado de humedad en el perfil. Han evolucionado en áreas con alguna limitación de drenaje pero no tan severa como para que el suelo se sature por períodos excesivamente prolongados. Pertenecen al Gran Grupo **Paleudalf**, con un perfil de gran desarrollo y bien diferenciado. Son moderadamente provistos en bases y el decrecimiento de arcilla es gradual en profundidad; sin contacto lítico o paralítico en los primeros 150 cm. Se ubican en general en lomadas arenosas rojizas, suavemente onduladas. Por último, el suelo en estudio pertenece al Subgrupo Paleudalf psaméntico, franco gruesa, mixta (serie-Lomas), de textura franco arcillo-arenoso, rojizo. La profundidad efectiva en estos suelos llega a 120 cm. Poseen bajo contenido de materia orgánica, baja retención de humedad y

escasa provisión de bases de cambio y capacidad de intercambio catiónico (Escobar et al., 1996).

1.2.3. Clima.

La provincia de Corrientes posee un clima subtropical, muy cálido en verano con temperatura media mensual superior a 22 °C y media anual de 20 °C, pero con heladas ocasionales en invierno. Dentro de los datos registrados en la Estación Agrometeorológica de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Bella Vista, el régimen de precipitaciones medias anuales históricas alcanzó 1.368mm para el período 1982-2008 (Fig. 5). Existen frecuentes excesos hídricos en otoño y primavera, junto con moderados y eventuales déficit, principalmente en el verano, con temperaturas máximas promedio de 26,1 °C, mínimas de 15,7 °C, y media anual de 20,8°C, para el período 1941-2007 (Fig. 5). Según el sistema de Koppen la clasificación para todas las localidades de la provincia es **Cf w'a (h)**, que expresa un clima mesotermal, cálido templado, sin estación seca, con precipitación máxima en otoño y veranos muy cálidos (Escobar et al., 1996).

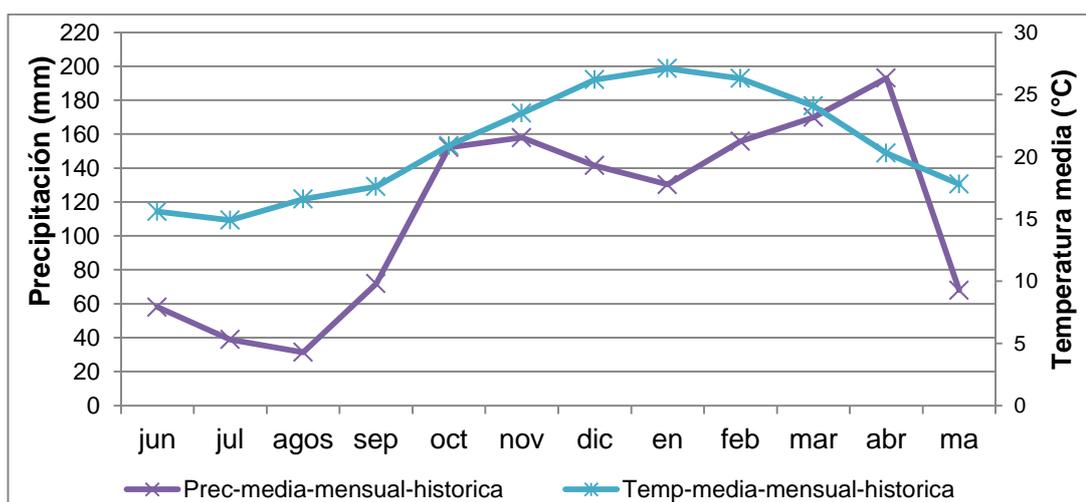


Figura 5. Valores medios mensuales provenientes de registros de temperatura (1941-2007) y precipitaciones (1982-2008) en la Cuenca Bellavistense, provincia de Corrientes. Fuente: Estación Agrometeorológica-EEA INTA Bella Vista (2008).

1.3. Cultivo de la naranja en Corrientes

1.3.1. Cultivo tradicional de naranja.

Las primeras plantaciones cítricas de tipo comercial surgieron a finales del siglo XIX en las provincias de Corrientes, Tucumán, Entre Ríos y Misiones. En un censo del año 1908 en Corrientes, la superficie implantada con naranjos acusaba 6000 ha y 50 ha de limoneros (Proyección rural, 1973; citado por Gutman et al., 1988). Hasta las primeras décadas del siglo XX la producción era de naranjas tipo “criolla” de ciclo de maduración intermedia. Esta naranja tenía un período de comercialización de 70 días, lo que producía una fuerte estacionalidad en la disponibilidad de fruta fresca (López, 1980).

En 1920 se comenzaron a ver síntomas de una enfermedad conocida como gomosis (podredumbre del pie de naranjo dulce), causada por un hongo del género *Phytophthora*, que afecta a las plantas que crecen sobre pie franco (López, 1980). Para disminuir la incidencia de este problema sanitario, se iniciaron las prácticas de injerto sobre naranjo agrio, las cuales a partir de la década del 30' presentaron un problema sanitario mucho más grave que el anterior, conocido como podredumbre de las raicillas del pie del naranjo agrio o 'tristeza', causado por un virus y que diezmó las plantaciones (López, 1980).

Debido a todos estos problemas sanitarios, y la necesidad de realizar nuevas plantaciones, es que a partir de 1944 comenzaron a utilizarse variedades de maduración tardías (Valencia), sobre diferentes portainjertos, y a partir de 1955 se inició la plantación de variedades de maduración temprana (Rodríguez, 1972). De esta manera se buscó ampliar el período de oferta anual de los cítricos en el mercado, desde abril a noviembre (López, 1980).

Otro aspecto importante a destacar es que en 1955, en la zona de la Mesopotamia se comenzó a desarrollar industrias de jugo concentrado, permitiendo el aprovechamiento de la fruta excedente y la de descarte, que por su calidad no se podía comercializar en el mercado de fruta fresca. Estas industrias favorecieron la expansión de la naranja 'Valencia late' que actualmente es la más difundida, por su aptitud para el consumo en fresco como para el procesamiento industrial (Proyección rural, 1973; citado por Gutman et al., 1988) (Fig. 6).

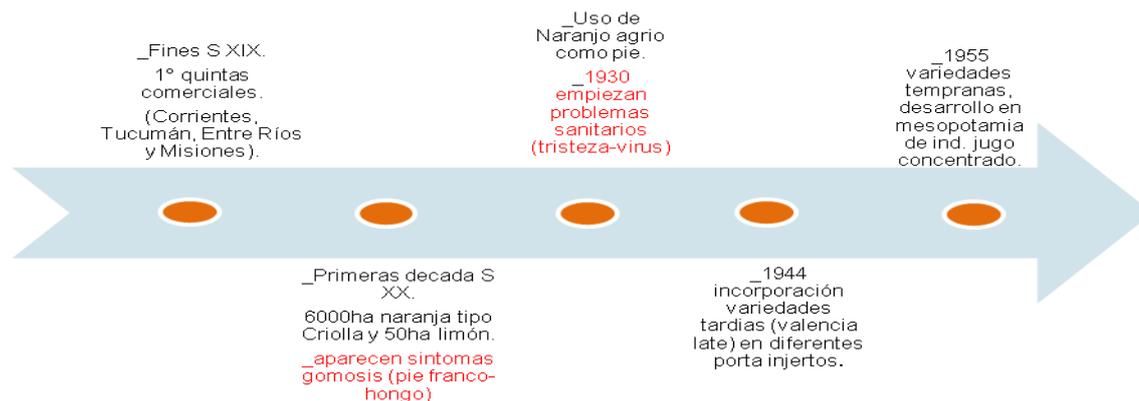


Figura 6. Línea de tiempo que resume los principales eventos de la evolución de la producción de cítricos en Corrientes. Fuente: Adaptado a partir de Rodríguez (1972), López (1980), y Gutman et al. (1988).

Los rendimientos promedio de naranja en 1959 eran de 8 Mg ha⁻¹ y en 1971 de 18 Mg ha⁻¹ (Rodríguez, 1972). En el trienio 2005-2008 se produjo una brecha enorme de rendimientos promedio según el estrato de productores. Las pequeñas empresas familiares presentaron rendimientos que rondaron los 14 Mg ha⁻¹ con un esquema productivo de bajo nivel tecnológico, mientras que en el otro extremo, las empresas de mayor escala incorporaron tecnología que les permitió alcanzar rendimientos de 40 Mg ha⁻¹ (Calvi, 2008).

En lo referente al nivel de tecnología, las empresas no tecnificadas o de producción tradicional se caracterizan por prácticas de labranza tradicional (de tracción animal), fertilización química y aplicación de estiércol al voleo bajo la proyección de la copa. El plan nutricional se realiza en forma rutinaria sin un previo análisis de suelo o foliar. El manejo fitosanitario de los cultivos es en forma manual, a través del empleo de mochila, en respuesta al nivel de infestación. La práctica de riego se realiza por el sistema de surcos (Calvi, 2008).

1.3.2. Incorporación reciente de tecnología.

Las empresas de mayor escala en los últimos años han realizado importantes inversiones y adoptado tecnologías para mejorar los niveles productivos y reducir los costos de producción. Se destacan las prácticas de labranza reducida aplicadas

en forma oportuna (desmalezado mecánico), la incorporación de nuevas variedades a partir de plantas libres de virus (injertadas con yemas certificadas), el mayor uso de fertilización química sobre una base de fertilización orgánica (estiércol), y la incorporación de las fertilizaciones foliares en momentos críticos del cultivo (Calvi, 2008). La elaboración de los planes de fertilización se comenzó a realizar basándose en análisis de suelo y/o foliar. En lo referente al manejo fitosanitario del cultivo, se incorporó maquinaria específica y se comenzó a tomar decisiones de ejecución de tratamientos fitosanitarios en función del monitoreo de plagas y enfermedades (Calvi, 2008).

Estas empresas también han incorporado el riego presurizado (suplementario), que se incrementó de 500 ha en la década del 90 (Melgar et al., 1992), a aproximadamente 1000 ha en la actualidad (Molina et al., 2011). Asimismo, son las empresas que logran obtener una calidad de fruta apta para la exportación en fresco. Por último, la incorporación de los métodos de riego presurizados en la región del NEA no fue mayor a causa de las condiciones económicas prevalecientes en la última década (Melgar y Zurita, 2008).

1.4. Riego.

1.4.1. Requerimiento hídrico.

Los requerimientos hídricos de los cítricos oscilan entre 7500 a 12000m³ ha⁻¹ año⁻¹ (Rogers et al., 1983; Tahir-Rashid and Salim, 1989; Morgan et al, 2006; García-Petillo y Castel, 2007), los cuales se satisfacen a partir de los aportes de las precipitaciones o a través del riego suplementario.

El déficit hídrico en las plantas es consecuencia de un desbalance entre la pérdida de agua por evapotranspiración y la absorción radical, consecuencia de una compleja interacción de factores. Así, la evapotranspiración está relacionada con características del ambiente (radiación, temperatura, déficit de presión de vapor de la atmósfera, velocidad del viento), y de la planta (índice de área foliar, estructura de la canopia y resistencias involucradas en el movimiento de agua) (Allen et al., 2006).

La absorción radical también está relacionada con características de la planta (morfología, extensión y densidad del sistema radical, capacidad de ajuste osmótico de la planta, entre otros factores), la competencia intra e inter-específica, la cantidad y distribución de las precipitaciones, y las características del suelo, fundamentalmente su capacidad de almacenamiento de agua y su aptitud para la exploración radical (Agustí, 2003). En algunas ocasiones, la falta de aireación, la baja temperatura del suelo, el estado sanitario de las raíces, y el contenido de sales del agua o el suelo pueden ocasionar desbalances hídricos (Castel-Sánchez, 2005).

En el caso de los cítricos, el sistema radicular está formado por un conjunto de raíces finas y fibrosas muy abundante en los primeros 30-50cm de profundidad del suelo, y algunas raíces pivotantes más profundas (Paramasivam et al., 2000; Zermeño-Gonzalez et al., 2007; Júnior et al., 2011). Sin embargo, su desarrollo en profundidad y en extensión lateral también dependen en gran medida del tipo de suelo, el portainjerto, el manejo de las malezas y del suelo, el sistema de riego, la edad de las plantas, y la densidad de plantación (Testezlaf et al., 2007; Rodríguez-Gamir et al., 2010).

El objetivo del riego es mantener los suelos con una condición de humedad adecuada para que las plantas puedan absorber el agua que precisan para la transpiración (Castel-Sánchez, 2005). Así en suelos arenosos cuando el contenido hídrico desciende por debajo del 45% de su agua útil, las raíces reducen su desarrollo y su capacidad de absorción de agua. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que cuando el contenido hídrico es excesivo y prolongado, las raíces pueden morir o ser dañadas, con lo cual también se ve afectado el crecimiento de los árboles (Agustí, 2003).

1.4.2. Requerimientos hídricos según fenología de la planta.

Si bien el suministro hídrico tiene un rol importante sobre la producción, la distribución de este recurso de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo es tan importante como la propia disponibilidad del agua (González-Altozano y Castel, 2003b). De este modo, el déficit hídrico repercute de diferente magnitud, tanto en la producción cuantitativa como cualitativa, en función de la intensidad de la deficiencia y de la fase fenológica en la cual se produce la misma (González-

Altozano y Castel, 2003b; Treeby et al., 2007; Gasque et al., 2010). Tal es así, que los déficit hídricos ocasionados en los periodos fenológicos de máxima sensibilidad, como floración, cuajado de frutos, y crecimiento inicial del fruto, producen una importante reducción en la cosecha al disminuir el número de frutas por planta (González-Altozano y Castel, 2003a; García-Petillo y Castel, 2004; Montaña et al., 2005). En cambio, cuando el estrés ocurre en el periodo de mayor crecimiento del fruto (fase II), se afecta la producción y la calidad al reducirse el tamaño de los frutos (García Petillo y Castel, 2004; Treeby et al., 2007). Sin embargo, si posteriormente a este período de estrés hídrico se restaura el suministro de agua, existirá un crecimiento compensatorio de las frutas (Gasque et al., 2010) que permitirá atenuar o anular las pérdidas de calidad y rendimiento. Por último, cuando la deficiencia hídrica se presenta durante el período de maduración, se acelera la coloración del fruto y se retrasa la maduración interna (Smoyer, 1946; citado por Agustí, et al., 2003; Pérez-Pérez et al., 2009).

Por lo tanto, el riego constituye una de las prácticas culturales de mayor impacto en la determinación del tamaño y la calidad final del fruto, aunque existe una compleja interacción entre la disponibilidad de agua en el suelo y su capacidad de almacenamiento, y la demanda de la planta de acuerdo a su estado fenológico y las condiciones ambientales. Como resultado de esta interacción y de la intensidad de los factores intervinientes, podría haber un efecto negativo sobre la producción, tanto en el aspecto cuantitativo como cualitativo. Sin embargo, este efecto es muy difícil de prever debido a una posibilidad de compensación posterior por parte de la planta.

1.4.3. Momento de inicio del riego.

Los cítricos no responden directamente al método de riego ni a su frecuencia, sino al régimen de humedad del suelo (potencial mátrico) al que son sometidos durante el desarrollo del ciclo (Castel-Sánchez, 2005). En un estudio sobre diferentes estrategias de riego deficitario se observó que la cantidad de agua aplicada tuvo una importancia relativa similar al momento de riego, y se concluyó que es esencial tener en cuenta los periodos críticos de los cítricos (García-Tejero et al., 2010). Además, cada uno de los estados críticos repercute de diferente

manera sobre el rendimiento cualitativo y cuantitativo del cultivo. Como lo demuestran González-Altozano y Castel, (2003a) quienes aplicando riegos deficitarios (RD) de 25-50%ETc durante los períodos de floración-cuajado (I), crecimiento inicial (II) y final del fruto (III). Observaron que durante el período I se redujeron 65% (25% ETc) y 25% (50% ETc) los rendimientos respecto control (125% ETc), debido al menor número de frutas. En el período III disminuyó 23% y 12% el rendimiento como consecuencia de la reducción del tamaño de los frutos, sin embargo la calidad interna no fue afectada, por último en el período II no se encontró diferencia significativa en ningún parámetro cualitativo-cuantitativo respecto al control, coincidiendo con Gasque et al. (2010) quien aplicó RD del 40-60% ETc en período II.

En lo referente a las estrategias de riego, en estudios sobre la respuesta de la naranja Valencia a diferentes láminas de reposición (0, 50, 100, y 150% de la Evapotranspiración del cultivo (ETc) durante todo el ciclo), se encontró que el número de flores y el porcentaje de frutos cuajados no fueron modificados por los tratamientos (García-Petillo y Castel, 2004). En cambio, el tamaño del fruto fue el componente del rendimiento más afectado, obteniéndose los mejores rendimientos con una reposición del 100% de la ETc. Resultados similares fueron encontrados por otros autores (Smajstrla y Koo, 1984; Treeby et al., 2007).

La tensión de agua en el suelo (potencial mátrico) a partir de la cual se recomienda regar los cítricos en los métodos de riego localizado oscila entre 20-30 kPa (Castel-Sánchez, 2005). Los tensiómetros se deben instalar en la zona del bulbo húmedo formado por el goteo a una profundidad de 30-40cm, debido que a ésta profundidad se produce la mayor concentración del sistema radical activo (Paramasivam et al., 2000; Villas Boas et al., 2002; Castel-Sánchez, 2005; Zermeño-Gonzalez et al., 2007).

Existen otros criterios que han sido estudiados para definir el momento de inicio del riego en los cítricos, como por ejemplo cuando se consume aproximadamente el 33% de la humedad aprovechable del suelo (Koo y Smajstrla, 1984), o que la humedad aprovechable del suelo no disminuya por debajo del 50% (Du Plessis y Koen, 1988; Amoros, 1999), e incluso a valores superiores, próximos a capacidad de campo en los primeros 60 cm de profundidad (Holzapfel et al., 2001).

Cuando el suelo tiene menor capacidad de retención hídrica, las decisiones de inicio del riego siguen siendo las mismas, pero en esa situación se ha indicado

que comienza a ser muy importante la frecuencia de riego para obtener una producción y calidad adecuadas (Castel-Sánchez, 2005).

1.4.4. Control del riego.

Existen numerosas metodologías para monitorear y programar el riego por goteo en cítricos. Uno de ellos es mediante el uso de tensiómetros, que en los suelos arenosos se lo menciona como uno de los instrumentos más eficaces (Smajstrla y Koo, 1986; Paramasivam et al., 2000; Zermeño-Gonzalez et al., 2007), siempre que los mismos sean ubicados dentro del bulbo de riego; de lo contrario, el suelo se seca demasiado y se producen fallas (Paramasivam et al., 2000). Además, deben colocarse dentro de la zona de raíces activas para que registren los cambios hídricos del suelo consecuencia del uso del agua por parte de la planta. El mantenimiento que requieren los tensiómetros es periódico de modo de asegurar un correcto funcionamiento. De este modo, lecturas diarias de los tensiómetros se pueden usar para estimar el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades, permitiendo ajustar la duración del riego y minimizar la lixiviación (Paramasivam et al., 2000).

1.5. Fenología del citrus.

La fenología tiene como propósito estudiar los procesos periódicos que ocurren en los seres vivos (plantas y animales) y su relación con las condiciones meteorológicas (Pascale y Damario, 2004).

En el desarrollo de un cultivo, los cambios secuenciales en la forma y estructura de las plantas que conducen al cumplimiento de su ciclo anual se denominan fases, tales como las de brotación, floración, fructificación, maduración, amarilleo y caída de hojas, entre otras (Pascale y Damario, 2004). Una fase fenológica tiene exigencias meteorológicas y a su vez presenta una secuencia o sucesión de estadios intermedios, que marcan la duración del espacio temporal

durante el cual las exigencias cualitativas se mantienen constantes (Pascale y Damario, 2004).

La descripción de los estadios fenológicos de las fases de brotación y floración se realiza para conocer la variación temporal y espacial de los diferentes cultivares, pudiendo de esta manera dar una respuesta oportuna a las diferentes prácticas de manejo del cultivo (Garrán et al., 1993).

El tipo de brotes emitidos por los cítricos recibe diferentes denominaciones, de acuerdo a la presencia y cantidad de flores y hojas. Los brotes multiflorales sin hojas reciben el nombre de ramillete floral (RF), y los que llevan varias hojas, brotes mixtos (BM). Los brotes uniflorales sin hojas se denominan flores solitarias (FS), mientras que los que poseen hojas se denominan brotes campaneros (BC); finalmente los brotes que solamente llevan hojas se llaman brotes vegetativos (BV) (Fig. 7) (Agustí, 2003).

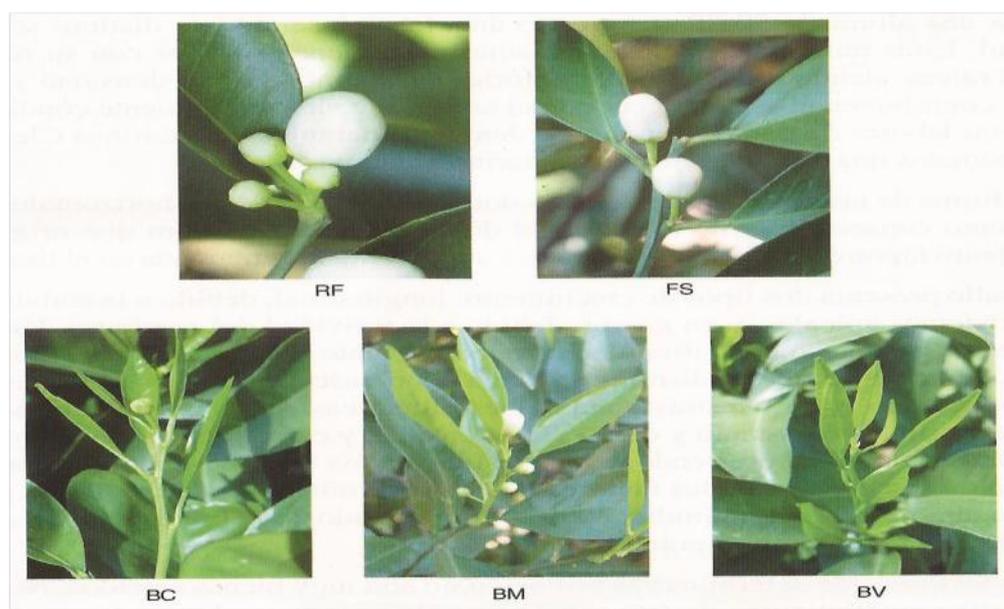


Figura 7. Tipo de brotes florales en naranjo. (RF) ramillete floral, (FS) flor solitaria, (BC) brote campanero, (BM) brote mixto y (BV) brote vegetativo. Fuente: Agustí 2003.

1.6. Componentes del rendimiento.

1.6.1. Floración.

1.6.1.1 Intensidad de floración.

La productividad de las naranjas está determinada principalmente por dos de los componentes del rendimiento; el número y el tamaño de las frutas, que dependen a su vez de tres procesos fisiológicos tales como la intensidad de la floración, el cuajado, y el crecimiento de las frutas (García-Luis et al., 1988; Montaña et al., 2005; Prado et al., 2007).

La brotación de los cítricos se produce por lo general en tres momentos del año: primavera, verano y en otoño dependiendo de las condiciones climáticas. El proceso de floración se inicia con la inducción floral, seguido por la iniciación de los primordios florales, y finalmente el desarrollo de estos primordios en flores maduras (García-Luis et al., 1988). Se entiende por inducción floral al proceso a través del cual las yemas vegetativas son promovidas a florecer (García-Luis et al., 1988; Martínez-Fuentes, 2010), proceso que en los cítricos cultivados en climas templados y subtropicales se produce durante el invierno como consecuencia de que las bajas temperaturas son uno de los factores inductores primarios de la floración (Moss, 1969; Southwick y Davenport, 1986; García-Luis et al., 1992; Valiente y Albrigo, 2004; Prado et al., 2007). La iniciación floral ocurre posteriormente, durante la brotación (Southwick y Davenport, 1986; García-Luis et al., 1988; Valiente y Albrigo, 2004), con la particularidad de que el proceso reproductivo puede ser revertido parcialmente a vegetativo por la influencia de factores endógenos y exógenos (Agustí et al., 2003).

Así como en los climas templados las bajas temperaturas promueven la inducción floral, en climas tropicales son los prolongados déficit hídricos los que la estimulan (González-Altozano y Castel, 2003b). Aparentemente, la disminución térmica y el déficit hídrico reducen la actividad radical y la síntesis hormonal que tiene lugar en ellas, así como el transporte de dichas hormonas a la copa (Martínez-Fuentes, 2010). Debido a que las giberelinas son fuertes inhibidoras de la inducción floral de los cítricos (Agustí et al., 2003), la disminución de su concentración con la reducción de la actividad radicular por el efecto de las bajas temperaturas en climas templados (Goldschmidt et al., 1985), y por el efecto del estrés hídrico en las

regiones de clima tropical (Lovat et al., 1984; Prado et al., 2007), podrían explicar la promoción de la inducción floral en estas condiciones.

Bajo condiciones de clima templado, el estímulo inductor de las bajas temperaturas es predominante sobre el déficit hídrico. En cambio, bajo condiciones de clima subtropical el efecto parece ser aditivo, y la floración resulta de mayor intensidad si durante el período inductor de bajas temperaturas hay un déficit hídrico (Lovat et al., 1984; Tonet et al., 2002; Prado et al., 2007).

El fotoperíodo no parece tener influencia sobre la floración de los cítricos, ya que se ha comprobado que plantas que crecen a altas temperaturas sólo producen brotes vegetativos con independencia de la longitud del día, mientras que plantas cultivadas a baja temperatura florecen tanto en condiciones de día corto como de día largo (Moss, 1969; Reuther, 1973).

Bajo condiciones de clima templado o subtropical, una vez inducida la planta por las bajas temperaturas, las altas temperaturas promueven la brotación y la floración (Cassin et al., 1969; Valiente y Albrigo, 2004; Rivadeneira, 2012). En esta etapa, un aumento de la temperatura ($> 23^{\circ}\text{C}$) adelanta la fecha de anthesis (Valiente y Albrigo, 2000). La planta emite tanto brotes vegetativos como reproductivos, cuya proporción dependerá del grado de inducción (Southwick y Davenport, 1986; Valiente y Albrigo, 2004). Los botones florales surgen desde las yemas axilares de las ramas de un año, formadas en las brotaciones del otoño o de la primavera anterior (Erickson y Brannaman, 1960; Albrigo, 1992; Prado et al., 2007).

1.6.1.2 Floración y porcentaje de cuajado de frutos.

Las naranjas son de floración abundante lo cual en cítricos reduce el cuajado (Agustí, 2003). En términos generales menos de un 1-2% de las flores cuaja frutos que llegan a ser cosechados (Erickson y Brannaman, 1960; Prado et al., 2007; Pérez y Giménez, 2009). De todos modos, este cuajado es muy diferente según el tipo de brotes fructíferos. Así, en los brotes con hojas el cuajado puede superar el 30% (Agustí et al., 2003; Martínez-Fuente, 2010).

Varios factores exógenos y endógenos condicionan y modifican la capacidad natural de cuajado de las variedades de Citrus. Las altas temperaturas en el período de antesis y post-antesis (Talón et al., 1999), o el stress hídrico (Agustí et al., 2003) son los principales factores del clima promotores de la abscisión. El cuajado a su vez, está relacionado con la competencia por carbohidratos, ya que los cítricos producen en general un número de flores muy alto (García-Luis et al., 1988; Guardiola, 1992; Talón, 1997), que excede la capacidad de aporte del árbol, convirtiéndose en un factor limitante para el cuajado de los frutos (Bustan y Goldschmidt, 1998; Prado et al., 2007). En esta misma línea, se demostró mediante defoliaciones y aplicación exógena de sacarosa que la disponibilidad de carbohidratos no actúa solamente como nutriente sino también como disparador de un proceso hormonal (Iglesias et al., 2003).

1.6.2. Crecimiento y tamaño de los frutos.

El crecimiento de los frutos cítricos sigue una curva sigmoideal (Fig. 8), desde la antesis hasta su maduración, caracterizada por tres períodos bien diferenciados, (Agustí, 2003).

Período de crecimiento exponencial o fase I. Este período dura desde la antesis hasta el final de la caída fisiológica de las frutas, y se caracteriza por un rápido crecimiento del fruto provocado por la división celular.

Período de crecimiento lineal o fase II. Este período se prolonga durante varios meses, desde el final de la caída fisiológica del fruto hasta poco antes de su cambio de color.

Período de maduración o fase III. Este período se caracteriza por una reducida tasa de crecimiento mientras el fruto se mantiene en el árbol y comprende todos los cambios asociados a la maduración.

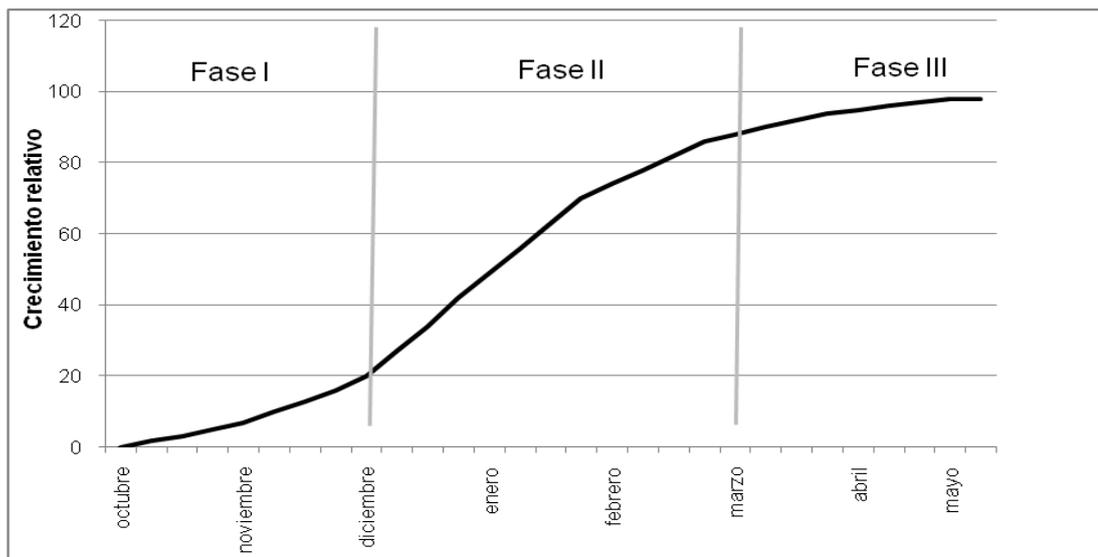


Figura 8. Curva de crecimiento de los frutos cítricos. Fuente: adaptado de Agustí (2003).

Los factores nutricionales y hormonales son determinantes en la producción y calidad de los frutos. Los primeros hacen referencia prioritariamente a la disponibilidad de carbohidratos; los segundos determinan la capacidad de destino o sumidero del fruto, y por tanto, su poder para atraerlos (Agustí et al., 2003). Cuando uno de ellos, o los dos, son deficitarios, el cuajado y el desarrollo del fruto se ven afectados, siendo la magnitud de este efecto dependiente del estado de desarrollo del fruto. Durante la fase I de desarrollo del fruto, la planta ajusta su capacidad de nutrir a los frutos en desarrollo modificando el número de éstos, de modo que todos aquellos que reciben una nutrición deficiente se desprenden de la planta (Agustí et al., 2003; Iglesias et al., 2003).

Asimismo, dentro de la fase I se distinguen dos sub-fases: una primera que dura aproximadamente 30 días donde las flores y frutitos abscisionan con el pedicelo y aparentemente no relacionados con una limitación de fuente; y una segunda sub-fase, que dura hasta el fin del período de caída, en la cual los frutos se desprenden sin el pedicelo (Laskowski-Ochoa, 2006), como consecuencia de la competencia por carbohidratos provenientes de la fotosíntesis (Guardiola, 2000). La capacidad de cuajar frutos es muy variable de acuerdo al tipo de brotes emitidos por los cítricos, dependiendo de la presencia de hojas y del número de flores por brote (Agustí et al., 2003; Barros da Cunha y Gravina, 2006).

Aparentemente, esta diferencia en la capacidad de cuajado de frutos de los diferentes brotes se debe a que los frutos originados de brotes sin hojas reciben los asimilados de hojas maduras, las cuales presentan una menor capacidad

fotosintética que las hojas jóvenes (Moss et al., 1972). Esto fue corroborado más tarde, demostrándose la importancia de la cercanía de las hojas jóvenes como fuente de asimilados en el proceso de cuajado de frutos (Primo-Millo, 1985). Esta mayor eficiencia en la síntesis y exportación de metabolitos al fruto en desarrollo por parte de las hojas jóvenes, origina ovarios de mayor desarrollo y con mayor poder de sumidero (Guardiola et al., 1984). Sin embargo, más tarde se concluyó que el mayor cuajado y capacidad de crecimiento de los frutos en los brotes con hojas no se debía solamente de una mayor disponibilidad de asimilados sino también a un mayor aporte de giberelinas y citoquininas (Barros da Cunha y Gravina, 2006).

1.7. Absorción y distribución estacional del nitrógeno por parte de los citrus.

Es sabido que el N es absorbido por los cítricos durante todo el año, aunque esta absorción no es constante a lo largo del ciclo. Se ha señalado que la absorción del ion NO_3^- en árboles jóvenes de Valencia Late alcanzó su valor mínimo durante los meses invernales, mientras que la máxima se midió hacia fines de primavera, verano, y principios de otoño (Martínez-Alcántara, 2010), y presentó una alta correlación positiva entre la absorción de N, la temperatura del aire y del suelo. Así, la absorción de N se tornó muy baja cuando la temperatura del suelo fue menor a 12°C (Erickson y Brannaman, 1960; Agustí, 2003). En cuanto a la distribución del N, se observó que el ^{15}N absorbido durante los períodos de floración y cuajado de frutos se concentró preferentemente en ovarios, frutos jóvenes, hojas y ramas de la brotación de primavera. Además, cerca del 30% del ^{15}N aplicado en primavera y acumulado en las hojas jóvenes, se movilizó posteriormente a los frutos jóvenes en desarrollo y a las hojas de la brotación del verano (Martínez-Alcántara, 2010).

Al inicio del ciclo vegetativo (brotación-floración) en la primavera, coincidiendo con el momento de mayor requerimiento en N, la absorción de este elemento en zonas de clima templado o subtropical se ve notablemente disminuida a causa de las bajas temperaturas (Legaz-Paredes et al., 1981), por lo que estos procesos fisiológicos dependen de la movilización de N desde los órganos de reserva como hojas, tronco, ramas y raíces (Legaz-Paredes et al., 1981; Legaz-Paredes y Primo-Millo, 1984). En este período, más del 70% del nitrógeno que llega a los nuevos órganos procede de las reservas acumuladas durante el ciclo vegetativo anterior

(Mattos, et al., 2003). La absorción de N desde el suelo comienza a ser importante luego de la floración y alcanza valores altos durante el período de cuajado de frutos (Dasberg, 1987), volviendo a disminuir de forma progresiva recién durante el otoño siguiente, como consecuencia de la disminución de la temperatura (Agustí, 2003).

Las raíces son el principal órgano de reserva, aportando aproximadamente el 50% del nitrógeno de reserva. Las hojas del año anterior ceden aproximadamente el 40%, y los tejidos del tronco y ramas el 10% restante (Agustí, 2003). Estos datos nos indican la importancia que tienen las reservas constituidas durante el verano y otoño del año anterior, ya que de ellas dependerá el adecuado suministro de compuestos nitrogenados durante la brotación de primavera y la floración del año siguiente, cuando las necesidades son máximas, mientras que la absorción radicular de nitrógeno es reducida (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983a).

1.8. Fertilización de secano.

Los cultivos cítricos se cultivan sobre una amplia gama de suelos, de modo que la disponibilidad y los niveles de nutrientes varían en gran medida (Agustí, 2003).

Es sabido, que la fertilización constituye otra de las prácticas culturales más influyentes en la determinación del tamaño final y la calidad de los frutos cítricos (Obreza et al., 2011a). Sin embargo, se deberá tener en cuenta que por sí misma no es suficiente, salvo que el único factor restrictivo lo constituya una nutrición deficiente, permaneciendo todos los demás factores (endógenos y exógenos) en condiciones óptimas (Agustí, 2003).

Las deficiencias en elementos minerales alteran el crecimiento y desarrollo de las plantas y su efecto sobre el tamaño y la calidad del fruto es muy variable, y depende marcadamente del elemento mineral en cuestión, así como de la época en que se manifiesta (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983a, 1983b; Legaz-Paredes y Primo-Millo, 1988). Es por ello que los análisis foliares constituyen una referencia indispensable para determinar el estado nutritivo de las plantaciones de cítricos, al ser muy sensibles a los cambios de composición del medio nutritivo (Obreza et al., 2011a). La corrección de carencias de elementos minerales es requisito previo para

la obtención de un fruto de calidad. Sin embargo, una vez alcanzada la concentración foliar adecuada, la adición de un nutriente al medio no tiene ningún efecto favorable sino que por el contrario, el nitrógeno y el fósforo en exceso provocan reducción del tamaño y pérdida de calidad del fruto (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983a, 1983b; Obreza et al., 2011a). El potasio se presenta como una excepción a lo mencionado, ya que concentraciones foliares superiores a las consideradas óptimas no producen efectos negativos sino que mejoran el tamaño del fruto (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983b; Obreza et al., 2011a), aunque la respuesta depende del momento de aplicación. El nitrato potásico a una concentración del 2% o superior durante el verano se ha mostrado eficaz, pero tratamientos en plena floración dan lugar a efectos transitorios que no alcanzan a mejorar los parámetros de la cosecha final (Agustí, 2003).

Numerosos investigadores han estudiado el efecto que la fertilización nitrogenada y potásica tiene sobre la producción y la calidad del fruto en cítricos. Así, se observó que el incremento en la dosis de N produjo una disminución en el tamaño, peso y espesor de la corteza del fruto (Koo, 1988; Obreza et al., 2011a), o incluso una disminución del diámetro del mismo fruto al incrementarse los niveles de N en hojas (Du Plessis y Koen, 1988; Obreza et al., 2011a). Por el contrario, la proporción de frutos pequeños (<63 mm diámetro) disminuye mientras aumentan las dosis de potasio (K) (Du Plessis y Koen, 1988; Obreza et al., 2011b). Es así que se comenzó a buscar la relación N/K adecuada para maximizar la producción o bien para obtener una producción de calibre óptimo. En general, un incremento en el nivel de K ($K > 1,2\%$) determina un aumento en el tamaño del fruto, pero también incrementa el grosor de la cáscara y la acidez del jugo (Obreza et al., 2011b).

En este sentido, en Sudáfrica obtuvieron incrementos significativos en los rendimientos cuando la relación N:K fluctuó entre 2,4 y 3,0 ($N = 2,1\%$; $K = 0,8\%$), mientras que el máximo tamaño de fruta se alcanzó con una relación N:K entre 1,6-2,2 ($N = 1,8\%$; $K = 0,9\%$) (Du-Plessis y Kohen, 1988). En la Comunidad Valenciana, obtuvieron una respuesta similar, indicando que cuando los niveles foliares de N eran inferiores al 2,4%, los aportes de N incrementaban el peso, y sobre todo el número de frutos cuajados aumentando considerablemente el rendimiento. Sin embargo, con valores superiores al 2,5% de N foliar los incrementos obtenidos en la producción fueron pequeños debido a que si bien se mantuvo el aumento de número de frutos, estos presentaron menor calibre (Alva et al., 2006).

En lo referente a los efectos que tiene el aumento de la concentración foliar de fósforo sobre la cosecha, está dado principalmente por el número y el peso de los frutos (Erner et al., 2000), aunque el impacto sobre la producción es mucho menor al causado por el nitrógeno. Estos componentes del rendimiento aumentan al incrementarse el porcentaje de fósforo en hojas, hasta que se alcanza el nivel del 0,12-0,13%, valor a partir del cual ya no se aprecia ningún efecto (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983b).

A diferencia de lo que sucede con el N, los fosfatos no presentan riesgo de que sean arrastrados a zonas profundas del suelo, fuera del alcance de las raíces, por lo que el momento de su aplicación es indiferente. Sin embargo deben aportarse antes de los períodos de intensas demandas y utilización por parte de la planta (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983a).

1.9 Fertirriego.

La gran ventaja del método de fertirrigación es la posibilidad de fraccionar las aplicaciones de los fertilizantes, respetando las curvas de demanda del cultivo (Morgan y Obreza, 2011). Para ello es necesario el conocimiento de las necesidades anuales para el crecimiento y desarrollo de nuevos órganos, así como los momentos en que se producen éstos (Morgan y Obreza, 2011).

El aporte fraccionado de los fertilizantes nitrogenados en cítricos mejora la eficiencia de su utilización, manteniendo el nivel de nitrógeno disponible para la planta en forma más constante y prolongada, y se disminuyendo las pérdidas por lavado (Alva et al., 2006; Martínez-Alcántara, 2010). De este modo la fertirrigación mediante métodos de riego localizados de alta frecuencia ha producido excelentes resultados en la mejora de la eficiencia del abonado y el rendimiento del cultivo, mediante un aporte regular y continuado de nitrógeno (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983a; Alva et al., 2006; Martínez-Alcántara, 2010).

Son numerosas las referencias encontradas en la bibliografía respecto a la mejora de la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) en condiciones de fertirrigación en comparación con el empleo de abonos granulados en riego por inundación (Dasberg et al., 1988; Alva y Paramasivam, 1998; Alva et al., 1998,

2006). Asimismo, Alva et al. (2003) estudiaron diferentes combinaciones de manejo de la fertilización y riego en árboles de limonero adultos. La producción fue superior en las plantas fertirrigadas en comparación con aquellas que recibieron la misma dosis de N distribuida en 3 aplicaciones. He et al. (2003), evaluando diferentes dosis de N y láminas de riego (UR de 60 y 75%) en pomelo (*Citrus paradisi macfad.*), no encontraron diferencias en el rendimiento por el efecto del riego. Sin embargo el aumento en la dosis de nitrógeno, incrementó los rendimientos debido a una mejora en el cuajado de los frutos. Contrariamente a lo comentado, en otras experiencias se obtuvieron producciones similares cuando se aplicó una misma dosis de fertilizante nitrogenado en 2 y 10 aplicaciones (Koo, 1980). Igualmente, en un estudio más reciente, no se obtuvieron mejoras en la producción de naranjos del tipo navel cultivados en un suelo franco arcillo arenoso, aplicando la misma dosis de N fraccionada en 2 o 5 veces en riego por inundación en comparación con 66 aplicaciones en riego por goteo (Quiñones et al., 2005).

Primo-Millo y Legaz-Paredes (1983a), han demostrado que el fraccionamiento de los fertilizantes nitrogenados resulta beneficioso tanto para la mejora de la productividad como para la absorción y asimilación del nitrógeno por la planta. A su vez, el fraccionamiento recomendado depende del tipo de suelo, ya que se debe tener en cuenta la alta movilidad del N en suelos arenosos (Quiñones et al., 2007; Martínez-Alcántara, 2010). Bajo estas condiciones, los mejores resultados en naranja se lograron con dosis entre 112 a 224 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Alva y Paramasivam, 1998; Alva et al., 2006). Además, se sugiere repartir la dosis anual de nitrógeno en 2 aplicaciones en suelos arcillosos a francos, y en 5 veces en suelos arenosos cuando la aplicación se hace al suelo, y fraccionamientos mayores en fertirrigación (Martínez-Alcántara, 2010).

Otra variable que influye sobre los resultados del fraccionamiento del N es la edad de la planta. Recientemente, se observó que en plantas jóvenes (1 a 5 años) de naranjo, se obtuvo mayor producción, volumen de copa y contenido foliar de N con 30 aplicaciones al año de N en fertirrigación en comparación con la aplicación de la misma dosis fraccionada en 4 aplicaciones al año en fertirrigación o con un fertilizante granulado. Sin embargo, en plantas adultas (6-10 años), no se encontraron diferencias en ninguno de los parámetros mencionados (Morgan et al., 2009). Este comportamiento en función de la edad del árbol se debió por un lado a la capacidad que tienen los árboles adultos para almacenar considerables cantidades de N (Martínez-Alcántara, 2010), y por otro lado, a la habilidad de los cítricos de absorber el N tanto de soluciones diluidas como concentradas, lo cual le

restaría importancia al efecto del fraccionamiento en la absorción de este elemento (Martínez-Alcántara, 2010). Sin embargo, recomiendan el mayor fraccionamiento del abonado con el fin de disminuir la cantidad de N susceptible de ser lixiviado en caso de episodios de lluvias intensas tras su aplicación (Alva et al., 1998, 2006; Quiñones et al., 2007).

En las zonas productivas de Corrientes, la baja fertilidad natural de los suelos parece ser la mayor limitante para lograr una alta productividad y calidad de fruta sostenida en el tiempo (Melgar et al., 1992). Asimismo, un manejo de alta productividad requiere riegos suplementarios en verano debido a la baja capacidad de retención hídrica de los suelos y a la irregular distribución anual de las precipitaciones (Melgar et al., 1992). Las lluvias se caracterizan por ser excesivas durante el otoño y la primavera, y por presentarse en deficiencia durante el verano (Escobar et al., 1996), período fenológico en que el fruto se encuentra en su etapa de expansión celular, de suma importancia en la definición de su tamaño final (González-Altozano y Castel, 2003a; Quiñones et al., 2007). Si bien las condiciones agroecológicas denotan un alto potencial para la citricultura, es preciso considerar el riego localizado, tanto por el aporte de agua como por la posibilidad de aplicar y fraccionar los nutrientes (fertirriego), de modo de reducir la brecha entre los rendimientos actuales y los potenciales.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Generales:

- Aumentar la productividad del cultivo de naranja en regiones productoras de Corrientes, mediante la incorporación de tecnologías de riego y fertilización.
- Evaluar el efecto de la distribución del fertilizante, bajo distintas condiciones de manejo de agua, en los rendimientos y la calidad de la naranja 'Valencia Late'.

Específicos:

Experimento en condición de fertirriego;

- Evaluar el efecto de la fertirrigación sobre la fenología del cultivo de naranja.
- Evaluar el efecto de la fertilización en la intensidad de floración y amarre de los frutos.
- Cuantificar el efecto de la distribución del fertilizante, bajo distintas condiciones de manejo de agua, sobre los componentes del rendimiento y la calidad comercial del fruto.
- Validar el método de balance hídrico simplificado como criterio de manejo del riego.

Experimento en condición de Secano;

- Evaluar el efecto del fraccionamiento del fertilizante sobre la fenología del cultivo de naranja.
- Evaluar el efecto de la fertilización en la intensidad de floración y amarre de los frutos.
- Determinar el efecto de la fertilización fraccionada sobre los componentes del rendimiento y la calidad comercial del fruto.

2.1. Hipótesis.

HIPÓTESIS 1

Teniendo en cuenta el clima subtropical húmedo de la región de Bella Vista, con altas demandas de evapotranspiración en el período estival que no son adecuadamente satisfechas con las precipitaciones a causa de su distribución irregular y la condición textural de los suelos (arenosos a franco-arenosos con pobre fertilidad natural), la utilización de riego por goteo para aplicar agua en períodos de déficit hídricos y el fertirriego para distribuir las dosis de fertilizantes permiten aumentar la productividad y calidad del cultivo de naranja cv 'Valencia Late'.

HIPÓTESIS 2

Considerando la escasa capacidad de retención de agua en el suelo y la baja capacidad de intercambio catiónico, a causa de la condición textural de los suelos (arenosos a franco-arenosos con pobre fertilidad natural); la aplicación fraccionada de los nutrimentos permite aumentar la productividad y la calidad en el cultivo de naranja cv 'Valencia Late'.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Sitio, cultivo y prácticas de manejo

El ensayo se llevó a cabo en la campaña 2010-2011 en un monte de naranja cultivar 'Valencia Late' de 18 años de edad ubicado en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Bella Vista, en la provincia de Corrientes, Argentina; 28° 26' Latitud Sur y 58° 59' Longitud Oeste, a una altura de 70 m.s.n.m. Posee un clima subtropical, muy cálido en verano pero con heladas ocasionales en invierno.

El marco de plantación utilizado fue 7x4 m (357 pl ha⁻¹). El lote posee el 50% de la superficie con riego localizado, con 1 lateral por línea y 4 goteros por planta, siendo el caudal de los emisores de 4 L h⁻¹.

Las prácticas culturales se ajustaron al sistema de producción de fruta fresca cítrica para exportación a la Unión Europea (SAGPyA Res. 56/2008). Se realizó el control fitosanitario de enfermedades y plagas cuarentenarias; el control de malezas se realizó a través de herbicidas en la línea de plantación y con segadora en el espacio entre las líneas. Por otro lado se realizaron podas (limpieza y deschuponados).

La fertilización y el riego en cambio, se efectuaron de acuerdo a los tratamientos planteados.

3.2 Experimento en situación de riego.

Tratamientos:

- Ra0: riego suplementario + fertirriego 1 vez por semana.
- Ra1: riego suplementario + fertirriego 3 veces por semana.

El tratamiento Ra0 consistió en la distribución de los nutrientes principales en forma semanal. En el tratamiento Ra1 la distribución se realizó en tres momentos a la semana.

3.3. Experimento en situación de secano.

Tratamientos:

- Sa0: Secano + fertilización de base tradicional (2 aplicaciones anuales)
- Sa1: Secano + fertilización fraccionada (aplicaciones semanales).

Para estimar la necesidad de fertilización anual de nutrientes se utilizó el esquema de fertilización propuesto por Melgar y Zurita (2008) para plantas cítricas adultas en densidades (7x4m) y productividad estándares: 180 kg ha⁻¹ año⁻¹ de nitrógeno (N); 90 kg ha⁻¹ año⁻¹ de P₂O₅ para suplir fósforo (P) y 225 kg ha⁻¹ año⁻¹ de K₂O para suplir potasio (K).

En base a este requerimiento total, se estableció como fertilización de base tradicional (Sa0) a la aplicación de la mitad de los requerimientos de N y K más todo el P en primavera. El resto de N y K se aplicó en el verano.

La fertilización fraccionada en situación de secano, consistió en la distribución de los nutrientes principales en forma semanal, cumpliendo con los requerimientos de cada período de la siguiente manera: octubre a noviembre 50% del N, 50% de P, 60% de K y diciembre a febrero el 50% de N; 50% de P; 40% de K. Para los tratamientos en situación de riego (Ra0 y Ra1), se utilizó el mismo criterio de distribución anual, pero adaptado a la frecuencia de distribución de cada tratamiento.

3.4. Diseño experimental.

En la situación de riego se utilizó un diseño en bloques completos al azar, siendo el factor de análisis la fertilización, con dos niveles; fertilización 1 vez por semana y fertilización 3 veces por semana a través del fertirriego. Se realizaron 4 repeticiones compuestas por tratamiento. En cada bloque se consideraron 2 hileras de planta con 4 árboles cada una, aunque solamente se tomaron las 2 plantas centrales de una fila como unidad observacional, por lo que quedaron 8 plantas por tratamiento (Fig. 9).

En la situación de secano también se usó el diseño en bloques completos al azar, donde el factor de análisis fue la fertilización con dos niveles; fertilización de base y fraccionando una vez a la semana. Se realizaron 4 repeticiones compuestas por tratamiento. En cada bloque se consideraron 2 hileras de planta con 4 árboles cada una, aunque solamente se tomaron las 2 plantas centrales de una fila como unidad observacional, por lo que quedaron 8 plantas por tratamiento (Fig. 9).

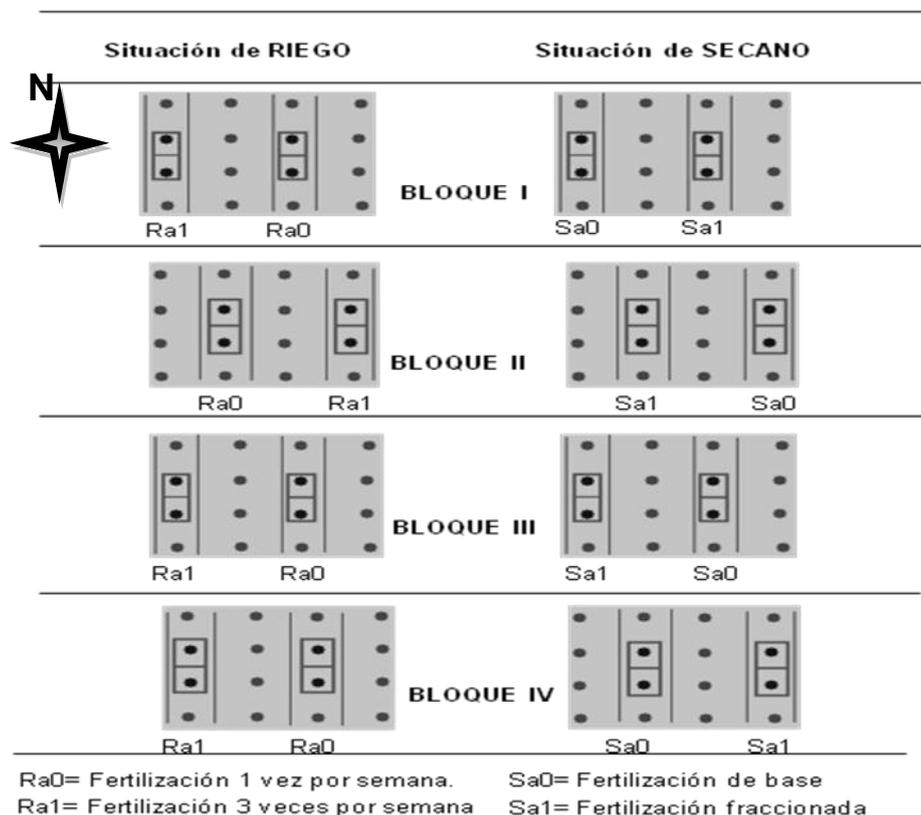


Figura 9. Diagrama del diseño experimental y distribución de las parcelas en situación de Riego (SR) y de Secano (SS).

3.5. Programación de las Necesidades de Riego.

El momento oportuno de riego se consideró a partir de un balance hídrico simplificado con paso de tiempo diario, recibiendo todas las plantas la misma lámina neta (Ec. 1). En Anexo (Tablas 13 y 14) se presentan los modelos de las planillas de cálculo utilizadas.

$$NRn = ETc - Pe \pm \Delta L$$

Ec.1

siendo:

NRn: necesidades de riego netas para el período de tiempo (mm).

ETc: evapotranspiración del cultivo para el período de tiempo considerado (mm).

Pe: precipitación efectiva (mm).

ΔL : variación de almacenamiento de agua en el suelo, en mm.

De acuerdo a la Ecuación (1), las variables de entrada del balance tienen signo negativo y las de salida positivos, de modo tal que cuando el resultado fuese positivo, NRn representa un determinado déficit hídrico y en cambio, cuando en el período considerado las lluvias fueran importantes, NRn resultará con valor nulo.

Pe, representa la fracción de la precipitación total (Pt) aprovechable. Pt fue registrada diariamente y sólo se consideró cuando; a) fue mayor a 5 mm día⁻¹, de acuerdo a lo propuesto por Domingo et al. (1996: Citado por García-Petillo y Castel, 2004), b) sus valores acumulados no superaron la lámina de agua útil (LAU, Ec.4).

ETc se calculó para la condición estándar de acuerdo a Allen et al., (2006), Ecuación (2).

$$ET_c = ET_o * k_c$$

Ec.2

donde:

ET_o: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día⁻¹).

K_c: coeficiente único de cultivo, (adimensional).

Para la determinación de ET_o, se utilizó la ecuación de Penman-Monteith (Ec. 3), con paso de tiempo diario, utilizando el software ETo calculator (FAO, 2009). Las variables climáticas utilizadas en este modelo fueron proporcionadas por la Estación Agrometeorológica (manual) de EEA INTA-Bella Vista, ubicada a 1000 m del lugar del ensayo. En ésta, se registraron diariamente los datos de precipitación (mm), humedad relativa media (%), velocidad de viento a 2 m de altura, heliofanía absoluta (hs), y temperatura del aire máxima y mínima (°C).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad \text{Ec. 3}$$

donde:

ET_0 : evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}).

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

G : flujo de calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

T : temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$).

u_2 : velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1}).

e_s : presión de vapor de saturación (kPa).

e_a : presión real de vapor (kPa).

$e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa).

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

γ : constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Se adoptó un valor de K_c igual a 0,7, considerando un cultivo de naranja con cobertura vegetativa activa en un 70% de la superficie (Allen et al., 2006). Este valor es similar al encontrado por García-Petillo y Castel (2007), quienes trabajaron en Uruguay con árboles de naranja valencia regados por goteo.

ΔL representa la diferencia de agua almacenada en un período dado de tiempo. Su cálculo se realiza según las siguientes ecuaciones:

$$\Delta L_j = L_{f,j} - L_{i,j}; \quad \text{Ec.4}$$

$$L_{i,j+1} = L_{f,j} \quad \text{Ec.5}$$

L_f (mm) y L_i (mm) representan la cantidad de agua almacenada al final y al inicio del período, respectivamente, mientras que el subíndice j indica el período considerado. Cuando el valor de ΔL resultó negativo, significó que hubo extracción por parte del cultivo, o alguna otra pérdida de agua (flujo capilar descendente). En

cambio, si resultó positivo significó una recarga del perfil cuyo origen es la infiltración de agua de lluvia o de riego, y eventualmente redistribución capilar.

3.6. Determinación de la dosis y tiempo de riego.

Para determinar la dosis neta de riego, primeramente se calculó la lámina equivalente al umbral de riego (LUR), para lo cual se consideró un agotamiento permisible de 40% respecto de LAU (Ec.6). Este valor es coincidente con los mencionados anteriormente por Koo, et al., (1984) y Du Plessis y Koen (1988) quienes consideran que debe regarse el cultivo de naranja cuando se consuma aproximadamente entre 33% y no más del 55% del agua útil, para mejorar el rendimiento de los cítricos. Asimismo, en suelos arenosos cuando la humedad del suelo desciende por debajo de 45% del agua útil, las raíces reducen su desarrollo, Agustí (2003).

$$LAU = \left(\frac{w_c - w_m}{100} \right) * \rho_s * z \quad \text{Ec.6}$$

donde :

w_c : capacidad de campo, ($g\ g^{-1}$, obtenida con curva retención hídrica (CRH)).

w_m : punto de marchites permanente, ($g\ g^{-1}$, obtenida con CRH).

ρ_s : densidad aparente del suelo, ($g\ cm^{-3}$, obtenida según método del cilindro).

z : profundidad efectiva de raíces (cm).

Cuando NRn, para un período dado, resultó inferior a LUR se dio inicio a cada riego.

El esquema de riego adoptado fue dosis de aplicación constante (equivalente a LUR) y frecuencia variable, mientras que el tiempo de riego se calculó de acuerdo a la Ecuación (7).

$$Tr = \frac{LUR * Mp}{qa * Ne * CU * Efa}$$

Ec.7

donde:

Tr: tiempo de riego (h).

LUR: lámina de umbral de riego, expresada en mm.

Mp: marco de plantación (m²).

qa: caudal medio emisores (L h⁻¹).

Ne: número de emisores por planta.

CU: coeficiente de uniformidad de la instalación (adimensional), verificado a campo.

Efa: eficiencia de aplicación (adimensional).

Para obtener CU de las parcelas experimentales se utilizó una adaptación de la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978). Antes de iniciar el experimento se tomaron 4 laterales y dentro de cada uno se midió el caudal de los emisores próximos a las plantas de observación. La presión fue medida al final de los laterales evaluados mediante manómetro de reloj.

Para la distribución de los nutrientes a través del fertirriego se aplicó una lámina de 2,2 mm por turno en la situación de riego. Se Controló que los valores de conductividad eléctrica en la solución del suelo no superaran los 3,2 dS m⁻¹ (Agustí, 2003).

También se determinó el porcentaje de suelo mojado de los goteros utilizados, con la finalidad de evaluar las dimensiones del bulbo humedecido.

A efectos de validar los resultados (NRn), se utilizó un software desarrollado por Marano et al., (2011) que permite la programación del riego bajo las condiciones de este experimento (Tabla 15, Anexo).

3.7. Determinación de las constantes hídricas.

Para determinar las constantes hídricas se estimó la CRH en el estrato superficial del suelo, a partir de muestras disturbadas extraídas a 0,45m de profundidad, con cuatro repeticiones por tratamiento. En laboratorio se utilizaron ollas de presión (método de la membrana de Richards, 1948) a diferentes valores de tensión (30, 500 y 1500 kPa).

Con los datos obtenidos (Tabla 12, Anexo), se ajustó CRH con un modelo potencial utilizando el programa InfoStat (2010) y de este modo se logró determinar el contenido de agua en suelo (θ) a valores de tensión no determinados en laboratorio. No se pudo estimar CRH con la ecuación de Van Genuchten (1980), dado la escasa disponibilidad de datos.

3.8. Control del agua en el suelo.

La determinación del momento oportuno de riego a través de un balance hídrico simplificado requiere de verificaciones a campo del perfil hídrico. Para ello se puede utilizar alguna técnica de medición de agua en el suelo o bien con mediciones del potencial mátrico, dado que se cuenta con CRH. Para la primera situación puede ser utilizado el método gravimétrico, que es considerado como referencia.

3.8.1. Gravimetría (G).

Fueron recolectadas muestras en pesa filtros, pesadas en húmedo y luego llevadas a estufa a 105°C durante 24 hs hasta peso constante. A partir de estos datos se determinó w , mientras que el contenido hídrico volumétrico (θ) se determinó a partir de aquél, multiplicándolo por el valor de densidad de suelo (ρ_s) obtenido en el estudio edafológico (Ec.8), según la profundidad correspondiente.

Ésta se determinó con el método del cilindro (Forsythe, 1975) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\rho_s \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{masa de suelo seco}}{\text{volumen bruto}} \quad \text{Ec. 8}$$

3.8.2. Tensiómetros (T).

Fueron utilizados tensiómetros para validar su aplicabilidad en la programación del riego en este cultivo. Éstos se colocaron en la línea del lateral, a 25 y 45 cm de distancia del emisor de riego, y a dos profundidades: 15 y 45 cm respectivamente. Se registraron lecturas cada tres días para comprobar el correcto funcionamiento de los instrumentos (Smajstrla y Koo, 1986) y cuando éstas fueron 10 y 30 kPa se extrajeron muestras de suelo disturbadas en las profundidades antes mencionadas y en zonas próximas a la ubicación de los tensiómetros. De este modo se logró corroborar con el método gravimétrico y con tensiómetros (T+G), los valores de CRH obtenidos en laboratorio.

3.9. Registros fenológicos.

Luego de la cosecha de la campaña 2009/2010 (junio 2010), se seleccionó una planta por parcela donde se identificaron 10 ramas por cuadrante, sobre las que se observó la evolución de los diferentes estadios fenológicos vegetativos y florales, los cuales se registraron en forma quincenal, siguiendo la metodología de Garrán et al. (1993).

De acuerdo a esta metodología, a cada estadio en que se subdivide la brotación vegetativa se le asigna un número: B1 (brotes iniciales), B2 (brotes alargándose, hojas muy pequeñas), B3 (brotes alargándose, hojas creciendo), B3.4 (brotes alargados, hojas creciendo), B4 (hojas alcanzando tamaño final, tiernas) B5 (brotes y hojas sazonando), B6 (ramitas y hojas adultas), B7 (ramitas con hojas viejas) y B8 (ramitas secas) (Fig. 10).

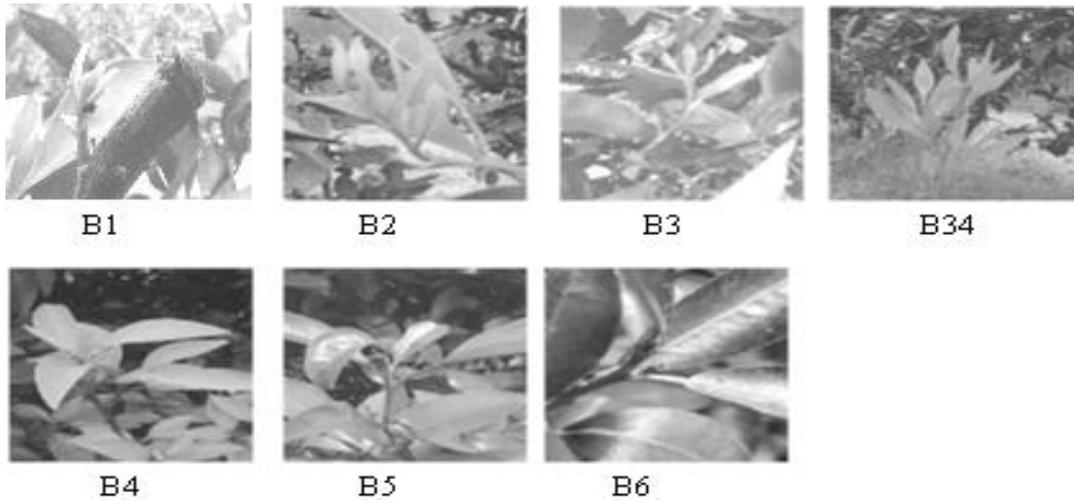


Figura 10. Estadios vegetativos en brotaciones de citrus. Fuente: Garrán et al. (1993).

En el aspecto reproductivo, a cada estadio en que se subdivide se le asigna un número: F0 (botones, flores o frutos ausentes), F1.0 (botones florales iniciales, verdes), F1.1 (botones florales blanquecinos verdosos), F2 (botones florales blancos), F3 (botones florales abriéndose), F4 (flores abiertas), F5 (flores con caída de pétalos), F6 (flores con pétalos caídos), F7 (frutitos cuajados) y F8 (botones o flores secas) (Fig. 11).

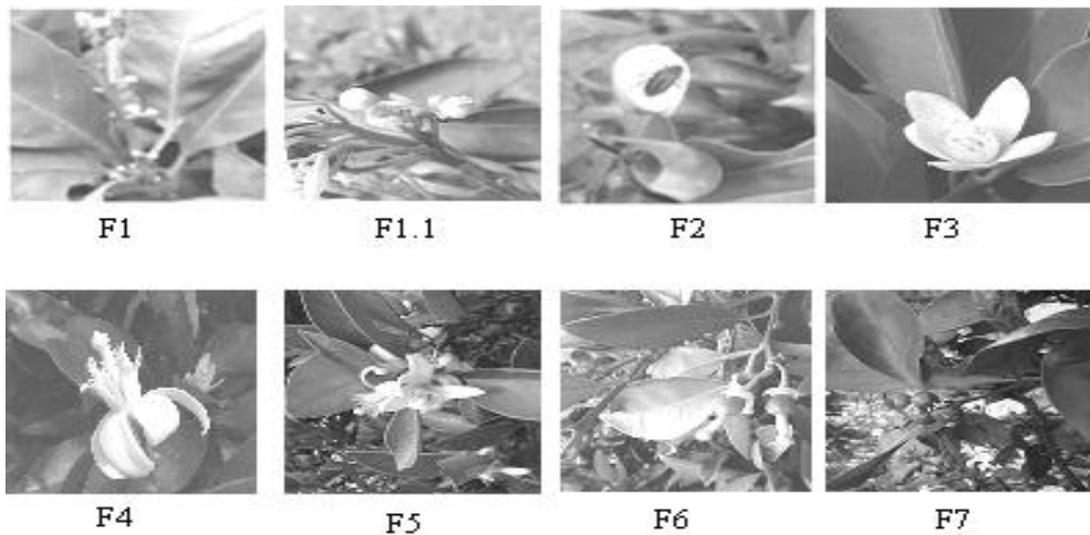


Figura 11. Distintos estadios reproductivos en citrus. Fuente: Garrán et al. (1993).

3.10. Intensidad de floración.

En los cuatro árboles seleccionados para cada tratamiento, se marcaron 8 ramas a la altura media de la copa, en dirección a los cuatro puntos cardinales. En cada una de ellas se identificó en cada nudo de las ramas el tipo de brote (BV, BC, BM, FS, o RF, de acuerdo a lo descrito en la Fig. 7). Para determinar la distribución de los brotes, estos se expresaron en forma porcentual, y la cantidad de flores (intensidad de floración) se expresó en flores cada 100 nudos (Barros da Cunha y Gravina 2006; Prado et al., 2007).

3.11. Cuajado de frutos.

Sobre las ramas identificadas previamente, se contó quincenalmente el número de flores y/o frutos presentes. De este modo al final del período de caída fisiológica se obtuvo el número de frutos cuajados, con lo que se calculó el porcentaje de amarrado o cuajado, relacionando el número de frutos presentes en cada rama seleccionada luego del final de la caída fisiológica en relación al número de flores cuantificadas inicialmente.

3.12. Estado nutricional.

3.12.1. Macro nutrientes foliares.

Se realizó un análisis foliar antes de establecer el ensayo (2009). Luego los análisis se realizaron anualmente (2010 y 2011), para lo cual se tomaron muestras de hojas con pecíolo en cada unidad experimental durante la primera semana de abril, correspondiente a la brotación de primavera. Se colectaron individualmente 50 hojas por árbol, tomadas en el contorno del árbol en dirección a los 4 puntos cardinales (Prado et al., 2007) a una altura de aproximadamente 150 cm, según lo recomendado por Embleton et al. (1978). Se recolectaron la segunda y tercera hoja donde se encontraba presente un fruto, muestreando desde la punta del brote hacia

la base, como criterio uniforme. Las muestras foliares se secaron a 65°C y se analizaron en el laboratorio de química analítica en la Facultad de Ciencias Agrarias de la universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Los resultados de los análisis de macro nutrientes fueron presentados y analizados mediante estadística descriptiva en función de valores promedio.

3.12.2. Macro nutrientes en suelo.

Para caracterizar el suelo, antes de establecer el ensayo (2009) y luego anualmente (2010 y 2011), se tomaron muestras compuestas en el estrato a 0,45m de profundidad. Para ello se consideró el área comprendida por la proyección de la copa de los árboles, de cada bloque. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de suelos de la UNNE. El pH se determinó en agua, relación suelo: agua 1:2,5 (Jackson, 1964); materia orgánica (M.O.), por el método de Walkley y Black; N a partir de los contenidos de M.O; Pi disponible (Bray-Kurtz I); calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^+) (extracción con doble ácidos). La determinación de K^+ se realizó con fotometría de llama, la de Ca^{2+} y Mg^{2+} mediante complejometría con EDTA; la conductividad eléctrica (CE) por conductimetría en el extracto acuoso relación suelo: agua (1:1).

3.13. Rendimiento y calidad.

Para la cosecha se utilizaron cajones cosecheros de 30 kg de capacidad aproximadamente. Las frutas para los análisis de calidad fueron tomadas de la parte media de la copa, para lo cual se recolectaron aleatoriamente 2 cajones por parcela, y de los mismos se tomaron al azar 20 frutas de cada uno.

Se determinaron los parámetros físicos de peso de fruta (g) a través de balanza electrónica; largo, diámetro ecuatorial y grosor de la corteza (cm) con un calibre vernier; el volumen de jugo (cm^3) se midió con probeta y se expresó como % de jugo ($100 * \text{Vol./Peso de fruta}$); los sólidos solubles totales (SST) fueron

determinados por el método refractométrico (Atago Digital Refractometer PR-1), y expresados en °Brix.

Para el caso de las variables químicas, la acidez total (%), se determinó por titulación con NaOH 0,1N. Además se determinó la relación sólidos solubles totales/acidez total (Ratio). El Ratio fue tomado como el índice de madurez, junto al porcentaje de jugo.

Los análisis fueron realizados en base al manual técnico 'Elaboración de bebidas analcohólicas a base de jugos cítricos' (González y Rodríguez, 1988).

Para la obtención del rendimiento se determinó el número total y el peso medio de las frutas de cada parcela. En función de estos valores, se estimó el rendimiento por hectárea de acuerdo a la densidad de plantación de los árboles.

3.14. Productividad del agua (PA).

Se determinó la PA para la situación de riego, de acuerdo a la Ec (9) donde se consideró el rendimiento y la ET_c del cultivo, tanto para el tratamiento Ra1 y Ra0.

$$PA = \frac{\text{Rend.}}{ET_c * 100} \quad \text{Ec. 9}$$

donde:

PA: productividad del agua en kg m⁻³.

Rend.: rendimiento en kg ha⁻¹.

3.15. Análisis estadístico.

A los resultados obtenidos se les aplicó el análisis de varianza, utilizando el test LSD de Fisher (p≤0,05) para la comparación de medias y prueba de comparaciones, previa comprobación de normalidad y homogeneidad de la varianza de las variables analizadas. Se utilizó el software estadístico InfoStat (versión 2010; Grupo InfoStat).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Clima y suelo.

4.1.1 Macro nutrientes en el suelo.

Los valores de macro nutrientes en el suelo para la situación de secano (SS, Tabla 3) y riego (SR, Tabla 2), no mostraron diferencias significativas.

En SR la concentración de calcio (Ca^{2+}) asimilable fue muy baja, la de N y P fueron bajas, mientras que las de K^+ y magnesio (Mg^{2+}) fueron normales, de acuerdo a los estándares indicados para cítricos en suelos arenosos (Legaz-Paredes y Primo-Millo, 1988; Legaz-Paredes et al., 1995). Según Legaz-Paredes y Primo-Millo (1988) en estos suelos el porcentaje de materia orgánica se encuentra bajo (normal 0,80-1,5 %). El pH es muy próximo a la neutralidad, mientras que la conductividad eléctrica muestra valores bajos considerando el valor máximo de 3,2 dS m^{-1} propuesto por Agustí (2003).

Tabla 2. Caracterización química del suelo en situación de riego a una profundidad de 45 cm. Campaña 2010.

Tratamiento	pH		M.O.	Pi	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	C.E
	H_2O	Ca Cl_2	%	ppm	cmol (+) kg^{-1}			$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$
Ra1	7.31a	6.42a	0,54a	7.68a	0.36a	2.00a	0.19a	0.16a
Ra0	7.20a	6.31a	0,41a	18.55a	1.64a	0.80a	0.21a	0.18a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

En los análisis de macro nutrientes en el suelo para la situación de secano (Tabla 3), se observa que las muestras presentaron concentraciones similares a las encontradas en la situación de riego.

Tabla 3. Caracterización química del suelo en situación de secano a profundidad de 45 cm. Campaña 2010.

Tratamiento	pH		M.O.	Pi	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	C.E
	H ₂ O	Ca Cl ₂	%	ppm	cmol (+) kg ⁻¹		dS . m ⁻¹	
Sa1	7.36a	6.49a	0,542a	8.03a	2.08a	0.64a	0.15a	0.13a
Sa0	7.03a	6.16a	0,542a	13.98a	1.92a	0.36a	0.17a	0.11a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Las propiedades químicas del suelo, para la mayoría de los nutrientes analizados, fueron acordes a las características de la serie de suelo del ensayo. Sin embargo, de los análisis se desprende que tanto los valores de P como Mg²⁺ y K⁺ muestran que hubo aportes a través de la fertilización en campañas anteriores (debido a la poca movilidad que estos elementos tienen en el suelo). Así también lo refleja el valor del pH, que se encuentra por encima del valor normal de 5,3 (Escobar et al., 1996), a consecuencia de prácticas anteriores de encalado.

4.1.2 Clima.

El análisis de diversos parámetros climáticos en una misma figura, de escala temporal mensual, permite observar con claridad la respuesta de los cultivos a las condiciones atmosféricas analizadas (Ledesma, 2012).

La precipitación anual registrada en la campaña 2010/2011 (Fig. 12) tuvo una distribución irregular, observándose menor cantidad de lluvias que el promedio histórico en los períodos de octubre-noviembre y en marzo-abril. Asimismo, en el lapso comprendido de diciembre a febrero las precipitaciones fueron de mayor intensidad que la precipitación histórica.

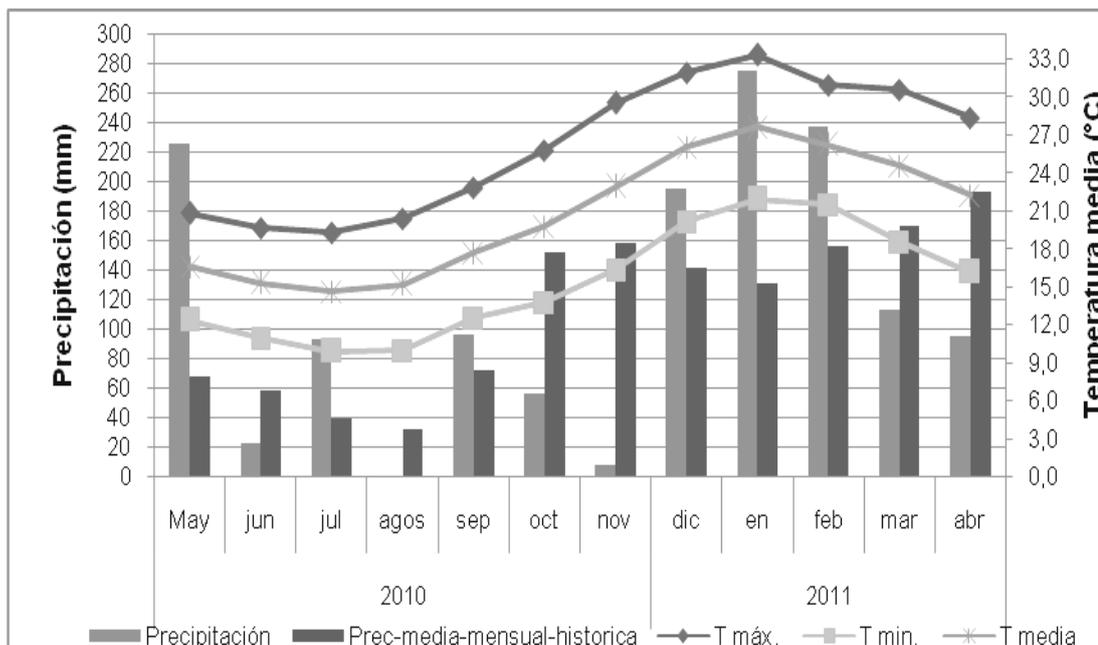


Figura 12. Precipitación media mensual para el período mayo 2010–agosto 2011 y precipitación media mensual histórica (1982-2008). Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales (°C) registradas en la Estación Agrometeorológica EEA-INTA Bella Vista para el período mayo 2010-agosto 2011.

La precipitación anual registrada en la campaña fue de 1.244 mm, semejante al promedio anual histórico (1.369 mm) sin embargo, su distribución fue distinta. Lo ocurrido en esta campaña confirma la importancia que adquiere la distribución anual de las precipitaciones en las estrategias de manejo del agua.

En lo referente a las temperaturas medias mensuales de la campaña (Fig. 12), coincidieron con el valor medio mensual histórico (Fig. 5).

4.2 Agua en el suelo.

4.2.1. Curva de retención hídrica.

La CRH se ajustó al modelo potencial propuesto (Fig. 13) cuyos coeficientes fueron A (56,83, $P < 0,05$), que permite obtener los valores en porcentaje y B (-0,45, $P < 0,05$). Éstos se usaron para estimar LUR y también lámina de agua total (LAT), a diferentes valores de tensión (kPa) y profundidad, a través de la ecuación (10). La densidad aparente del suelo determinada fue $1,63 \text{ g cm}^{-3}$.

$$\theta \text{ (g|g)} = A * 10 ^B = 20,16 \% \quad \text{LAT} = 90,7 \text{ mm.}$$

Ec. 10

$$\theta \text{ (g|g)} = A * 20 ^B = 14,76 \% \quad \text{LAT} = 66,4 \text{ mm.}$$

$$\theta \text{ (g|g)} = A * 30 ^B = 12,29 \% \quad \text{LAT} = 55,33 \text{ mm.}$$

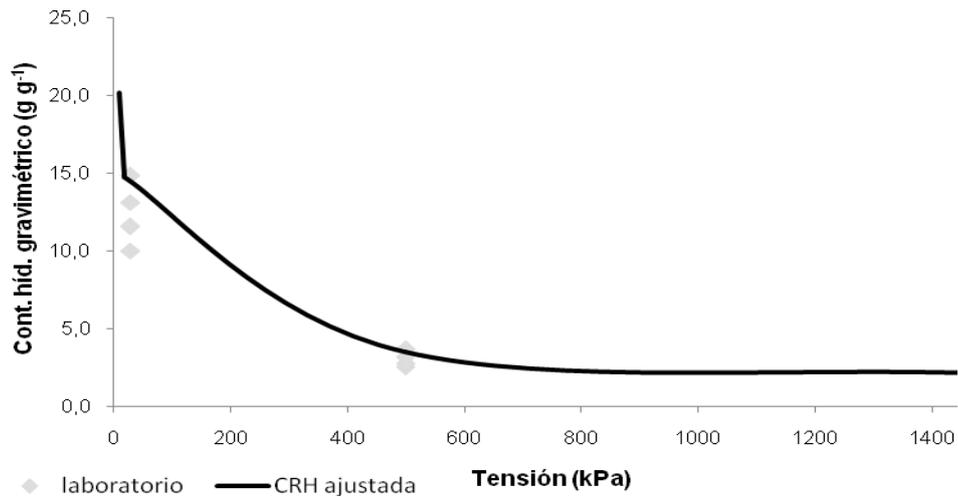


Figura 13. Valores de contenidos hídricos del suelo en laboratorio y curva de retención hídrica ajustada (Infostat, 2010). ($y = 56,83x^{-0,45}$ $R^2 = 1$)

Se verificó a campo a través de tensiómetros y gravimetría (T + G) y los valores de LAT fueron similares a los obtenidos en laboratorio con la CRH ajustada (Tabla 4).

Tabla 4. Lámina de agua total (LAT, mm) para diferentes potenciales mátricos (Ψ_m , en kPa) determinadas en condiciones de laboratorio (CRH) y a campo (T+G).

Método de determinación LAT	Ψ_m (kPa)			
	-12	-14	-20	-30
CRH ajustada	83,6	78,0	66,4	55,7
T + G	82,5	77,9	65,3	57,8

De acuerdo a los resultados obtenidos con en el uso de T+G, quedó demostrada la posibilidad de monitorear la variación del contenido de agua en el suelo mediante tensiómetros y en el control de θ_{UR} a la profundidad considerada. Esto concuerda con varios autores (Smajstrla y Koo, 1986; Paramasivam et al., 2000; Zermeño-Gonzalez et al., 2007) quienes consideraron eficiente el uso de los tensiómetros para controlar el riego por goteo en cítricos cultivados sobre suelos arenosos. Smajstrla y Koo. (1986), consideraron que los tensiómetros deben ser colocados en la zona de riego del cultivo y en la zona de raíces para que registre cambios hídricos del suelo como resultado de su uso. Asimismo, una adecuada calibración y operación de los tensiómetros permite una eficiente programación del riego para determinar cuándo regar y cuánta agua aplicar (Zermeño-Gonzalez, 2007).

4.2.2. Balance hídrico.

El paso de tiempo utilizado para el balance fue semanal (Fig. 14 y 15), considerando que se realizaron fertirriegos y riegos suplementarios para cada tratamiento en función al balance diario (Tablas 13 y 14 del Anexo).

Entre los meses de octubre de 2010 y marzo de 2011 se realizó la fertirrigación de los tratamientos Ra1 y Ra0, coincidiendo con el período crítico del cultivo (fases I y II), donde hubo déficit hídrico y por ende fueron realizadas aplicaciones de láminas de riego netas (LRn).

El valor de LUR resultó 30,9 mm considerando la profundidad efectiva de raíces (z) de 0,45 m. En las Tablas 13 y 14 del Anexo, se presenta un detalle del balance diario para los tratamientos Ra0 y Ra1.

En Ra0 hubo un 33% más de riegos (s/fertirriego) que en Ra1, mientras que el número de riegos, considerando la fertirrigación, fue dos tercios menor (Tabla 5). Sin embargo, la LRn fue similar para ambos.

Si bien Pt fue muy superior a ETc, solo pudo aprovecharse una pequeña fracción, aproximadamente un tercio. Esto se debe a la baja capacidad de retención hídrica del suelo, dando muestra de la hipótesis que se refiere a la necesidad de riego suplementario, aún en climas húmedos.

Tabla 5. Datos de evapotranspiración de cultivo (ETc), Precipitación total (Pt), Precipitación efectiva (Pe), Lámina de Riego neta (LRn) en mm y Número de Riegos aplicados durante el tratamiento en SR.

Tratamiento	ETc (mm)	Pt (mm)	Pe (mm)	LRn (mm)	N° riegos	
					s/fertirriego	c/fertirriego
Ra1			260,5	324	6	78
Ra0	588	883	277,7	296	10	25
Marano (Ra1)			269	324	6	78

De los 10 riegos realizados en Ra0 sin fertirriego, 7 fueron realizados en el período comprendido entre la cuarta semana de octubre y la última de diciembre, resultando una lámina promedio de 24,6 mm en cada turno o semana (Fig. 14). Dado que este valor estuvo por debajo de LUR, con este manejo se evitaron pérdidas por percolación profunda. Cabe considerar que la Pt en este período fue menor al promedio histórico en noviembre pero mayor en diciembre. Sin embargo, en este último mes hubo una distribución menos uniforme, generando por consiguiente, momentos de déficit hídrico en el cultivo que debieron ser cubiertos con riegos (Fig. 16b). En la tercer semana de enero se realizó el 8^{vo} riego debido a la alta tasa de ETo (5,6mm día⁻¹) registrada en dicho período, mientras que en la primera quincena de marzo se aplicaron los últimos 2 riegos, también a causa de la falta de ocurrencia de precipitaciones (Fig. 16a).

Del total de la LRn para Ra1 (324 mm) el 43% fue aplicado solo con agua en 6 veces y con una lámina promedio de 23,3 mm cada una. De éstas, 5 aplicaciones se realizaron en el período de octubre a diciembre, siendo la primera en la cuarta semana de octubre, las siguientes en la primera y última semana de noviembre, y la quinta en la segunda semana de diciembre (Fig. 15), de forma similar al observado en Ra0. Del igual modo las láminas aplicadas no produjeron percolaciones profundas. Durante la primera semana de marzo se aplicó el 6^{to} riego, como consecuencia de la falta de precipitaciones (Fig. 16a). Cabe destacar que en el período comprendido entre el 5^{to} y 6^{to} riegos los aportes de agua realizados a través del fertirriego y las precipitaciones repusieron parte del agua evapotranspirada, manteniendo los niveles de humedad del suelo por encima del UR.

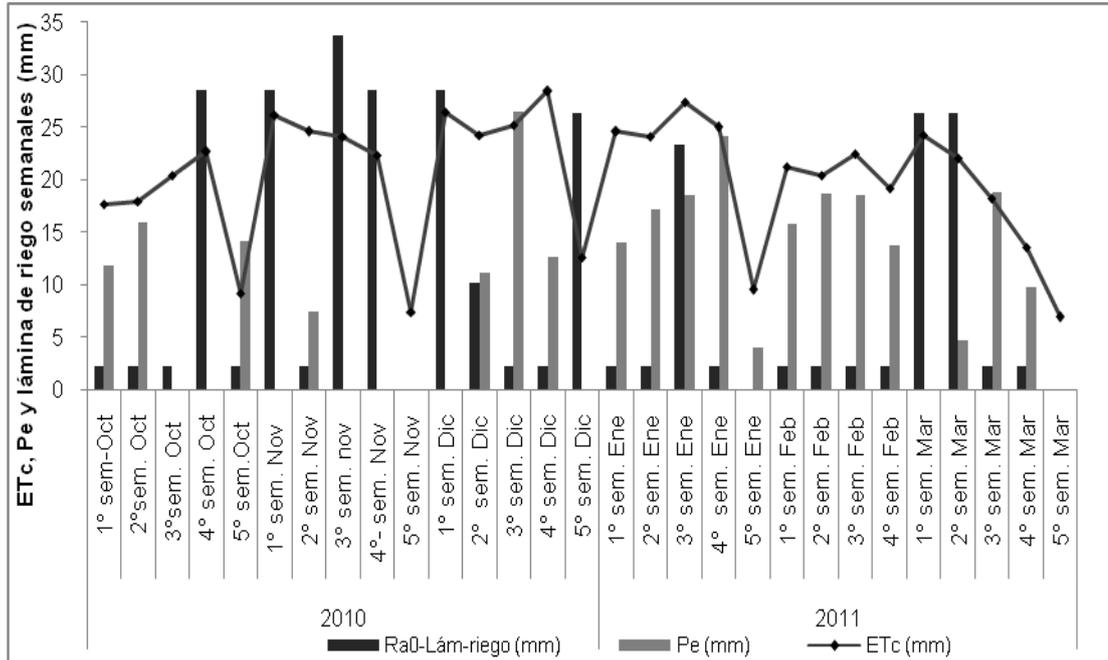


Figura 14. Evapotranspiración de cultivo semanal (ETc), precipitación efectiva semanal (Pe) y lámina de riego semanal aplicada en Ra0.

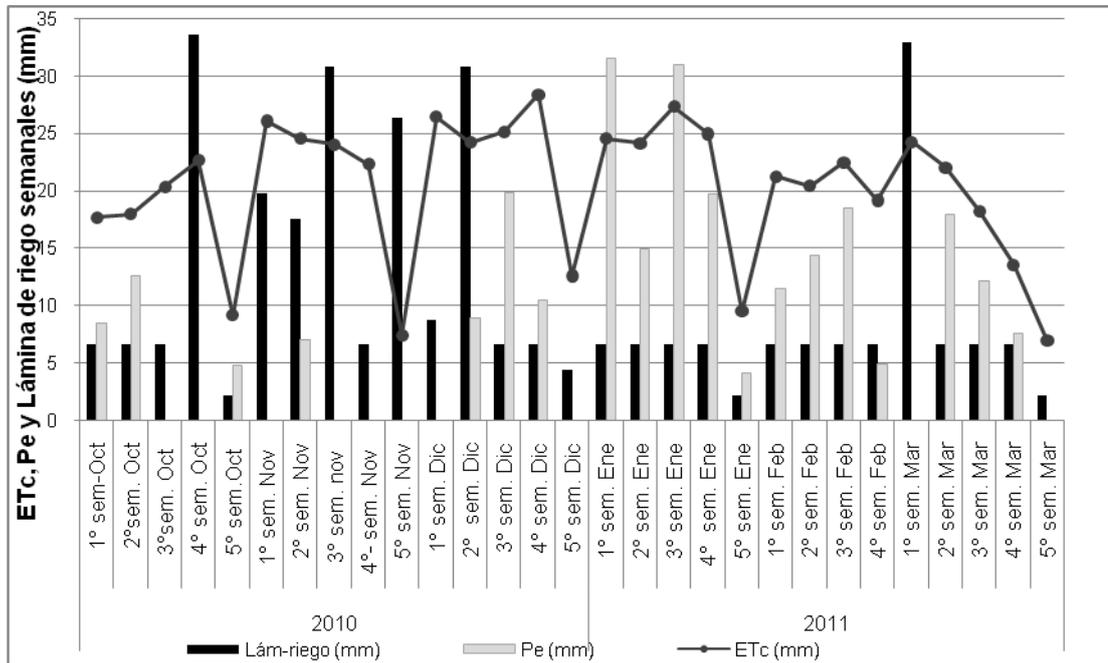


Figura 15. Evapotranspiración de cultivo semanal (ETc), precipitación efectiva semanal (Pe) y lámina de riego semanal aplicada a Ra1.

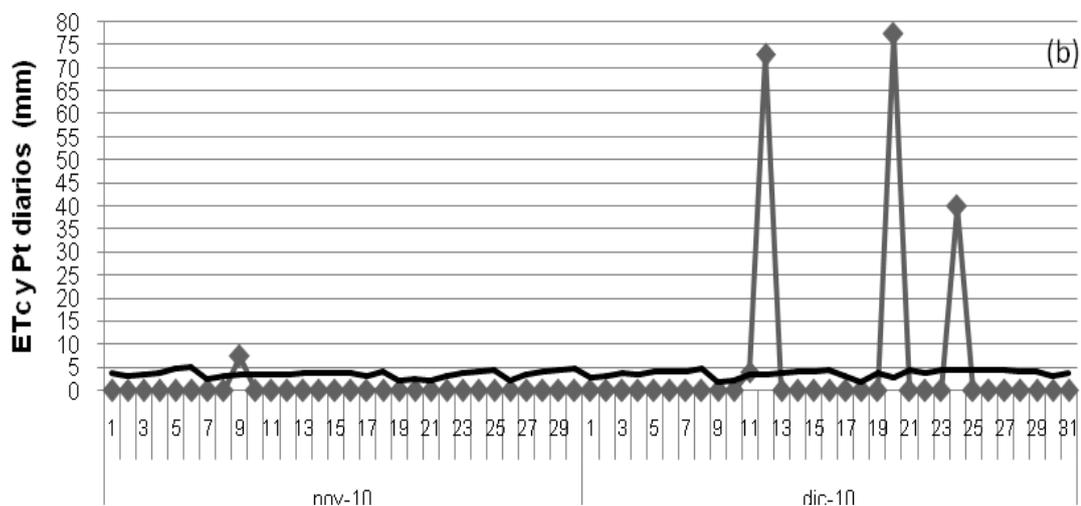
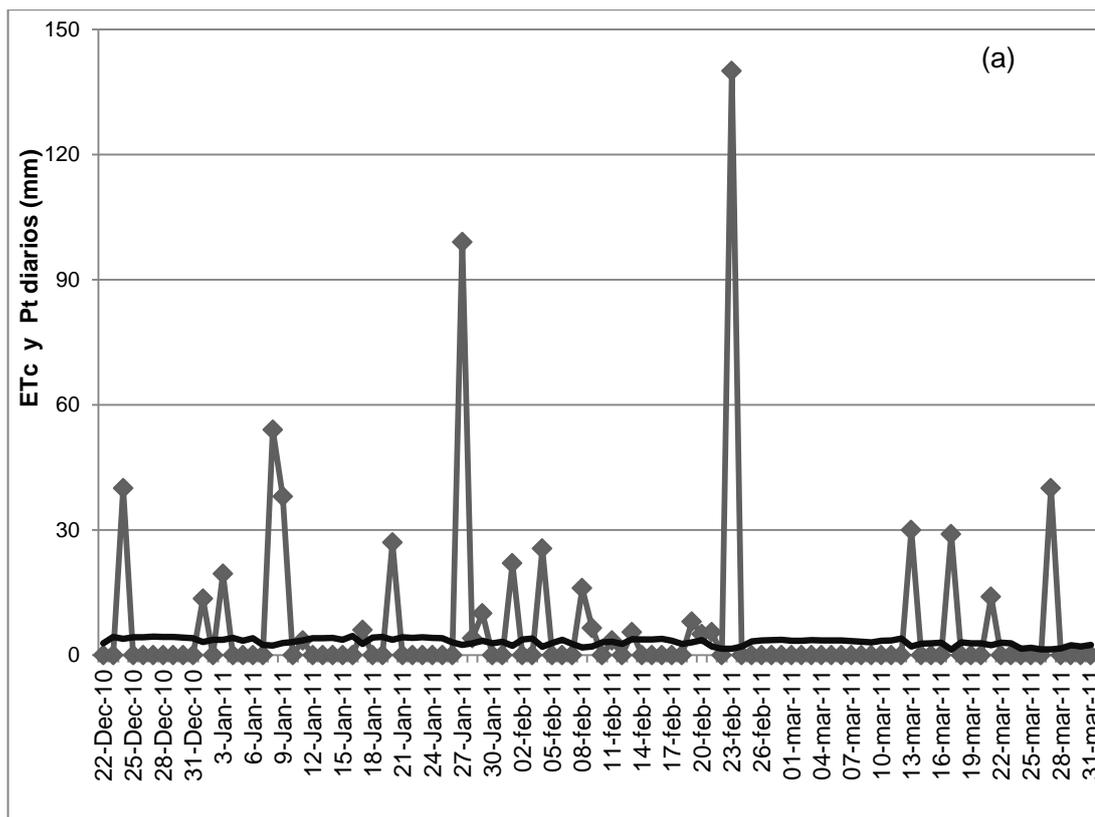


Figura 16. Valores diarios de Evapotranspiración de cultivo (ETc —) y precipitaciones diarias (Pt --♦--) para el período comprendido entre el 22 de diciembre de 2010 y el 30 marzo de 2011 (a); y para los meses de noviembre y diciembre de 2010 (b). Datos expresados en mm diarios.

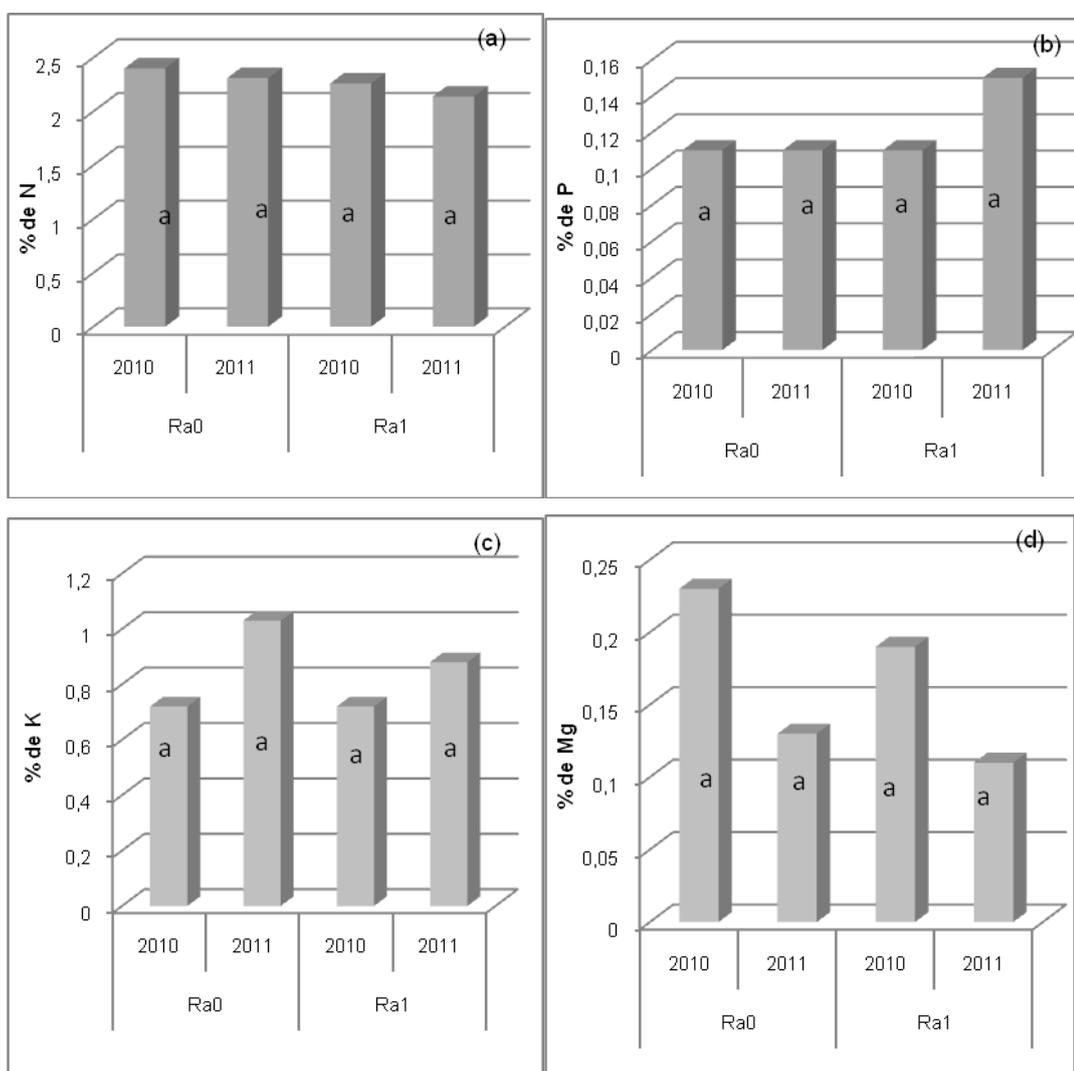
En la situación de sequo, y tal como se mencionó anteriormente, el balance hídrico mostró un período de déficit de agua durante los meses de noviembre y

diciembre (Fig. 16b), y durante la tercera semana de los meses de febrero y marzo (Fig. 16a), lo cual está reflejando la irregular distribución de las precipitaciones.

4.3 Nutrición.

4.3.1 Macro nutrientes foliares.

El estado nutricional de las hojas fructíferas de los años 2010 y 2011 no presentó diferencias significativas entre Ra1 y Ra0 para N, P, K⁺ y Mg²⁺ (Fig. 17a, b, c y d). Sin embargo, hubo diferencias significativas en Ca²⁺, siendo este valor más alto en el año 2011, para los dos tratamientos en SR (Fig. 17e).



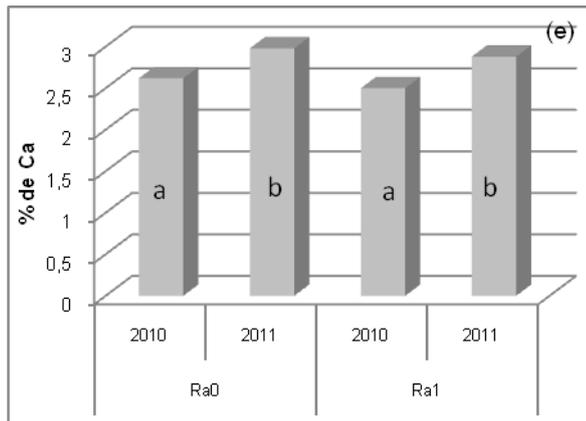


Figura 17. Concentración (% p/p) de N (a), P (b), K⁺ (c), Mg²⁺ (d) y Ca²⁺ (e), en hojas fructíferas del naranjo dulce, bajo condiciones de riego localizado para los tratamientos Ra1 y Ra0, durante los años 2010 y 2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

La concentración de los nutrientes en hojas adultas, se encontró en el rango bajo para el caso del fósforo (0,1%), K⁺ (0,7%) y Ca²⁺ (3-2,2%). En el caso del nitrógeno fue óptimo (2,3-2,5%) de acuerdo a los valores estándares planteados para los cítricos (Legaz-Paredes y Primo-Millo, 1988; Legaz-Paredes et al., 1995).

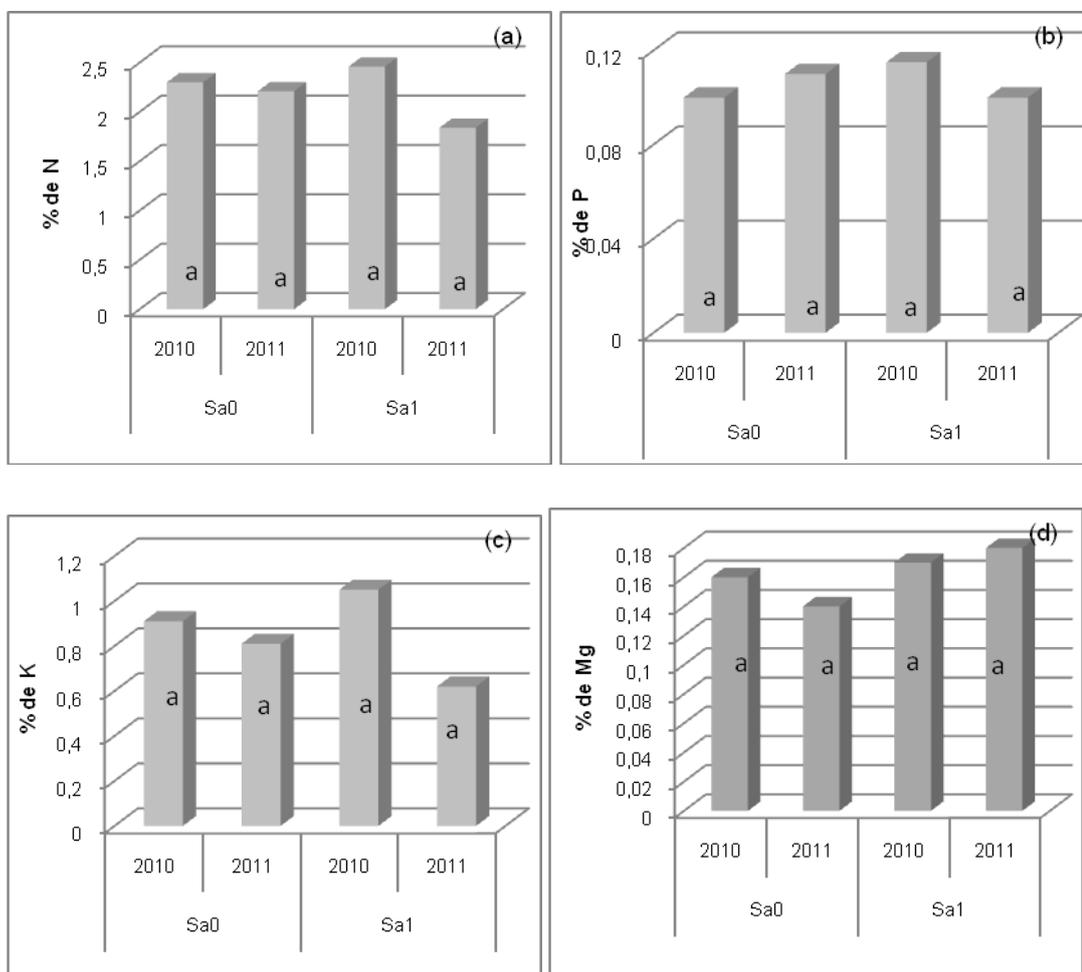
Los valores de nitrógeno encontrados en el tejido foliar se consideran adecuados para la obtención de respuestas a la fertilización para altos rendimientos en cítricos, como lo demostraron varios autores (Koo, 1988; Alva y Paramasivam, 1998; Alva et al., 2006; Martínez-Alcántara, 2010).

La relación N:K, tanto en Ra1 como Ra0 estuvo comprendida entre 3,3 y 3,1 siendo los valores de N (2,4-2,3%) y K (0,72%) respectivamente, cuyos valores son considerados adecuados para la obtención de altos rendimientos en cítricos (Du-Plessis y Koen, 1988; Alva et al., 2006; Obreza et al., 2011b). Dicho efecto respondió con lo planteado por Du-Plessis y Koen (1988) quienes consideran que altos rendimientos se obtienen con relación N:K de 2,4-3 donde la concentración de N es 2,1% y K 0,8%. Por otro lado, determinaron que el máximo tamaño de fruta se consigue con N:K de 1,6-2,2 donde N es 1,8% y K 0,9%.

Asimismo, los valores de fósforo presentes en 2010 son considerados adecuados para un correcto comportamiento reproductivo de los cítricos (Erner et al., 2000), ya que en todos los casos se observaron valores inferiores a 0,12-0,13% (Primo-Millo y Legaz-Paredes, 1983b), rango por encima de los cuales normalmente no se apreciarán efectos positivos a la práctica de la fertilización fosfatada.

El efecto del fraccionamiento de la fertilización a través del fertirriego no produjo cambios significativos en la composición mineral de las hojas al comparar los tratamientos Ra1 y Ra0. Estos datos encontrados concuerdan con lo señalado por Villas Boas et al. (2002), quienes determinaron que no fueron afectadas las concentraciones de macro-micronutrientes en las hojas de naranja valencia usando las mismas dosis de N:P:K, por el sistema de fertirriego.

En la SS el estado nutricional de las hojas fructíferas de los años 2010 y 2011 no mostró diferencias significativas entre los tratamientos Sa1 y Sa0 (Figuras 18 a, b, c, d y e). La concentración de los macro-nutrientes (P, K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺) previo al ensayo (2010) fue baja y similar que para la SR. En cuanto a N fue óptima y deficiente para Mg²⁺.



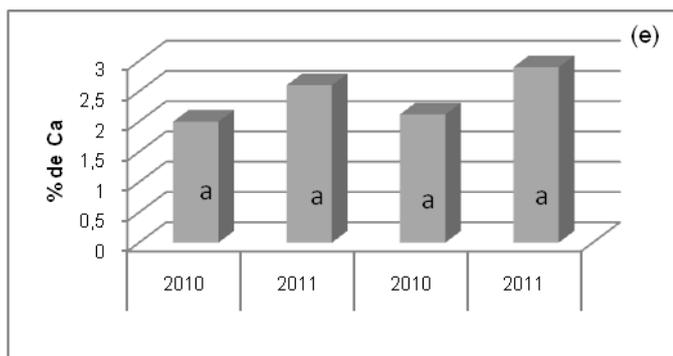


Figura 18. Concentración (% p/p) de N (a), P (b), K⁺ (c), Mg²⁺ (d) y Ca²⁺ (e), en hojas fructíferas del naranjo dulce, bajo condiciones de sequo para los tratamientos Sa1 y Sa0, durante las campañas 2010/2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

En función tanto de las concentraciones de los macro nutrientes (P, N y K), como de la relación de N:K, es de esperar que el cultivo responda a la fertilización en forma positiva, para la obtención de altos rendimientos en cítricos (Du-Plessis y Koen, 1988; Alva et al., 2006; Obreza et al., 2011b).

La estrategia de fraccionamiento de los nutrientes (Sa1 y Sa0), por otro lado, muestra un efecto positivo sobre el estado nutricional de las plantas, dado que estas fueron capaces de absorber y acumular los nutrientes en el tejido foliar para la siguiente campaña (Figura 18 a, b, c, d, y e). Este hecho es de relevancia, si se tiene en cuenta que al inicio del ciclo vegetativo (primavera), la demanda es alta y la absorción de los nutrientes es baja por parte del cultivo, a causa de bajas temperaturas (Erickson y Brannaman, 1960; Legaz-Paredes *et al.*, 1981; Agustí, 2003), con lo cual el cultivo depende exclusivamente de sus reservas.

Entre los tratamientos Sa0 y Sa1 no se manifestó efectos significativos en el estado nutricional del cultivo. Sin embargo, se observó en el tratamiento de mayor fraccionamiento (Sa1) una tendencia a una disminución en la concentración foliar de N y K, lo que se podría atribuir al efecto de las precipitaciones intensas y frecuentes registradas en el periodo comprendido entre la primera semana de enero hasta abril de 2011, que aumentan los riesgos de lixiviación de estos nutrientes en profundidad.

4.4 Cultivo.

4.4.1 Evolución de la fenología.

El inicio del período de brotación y floración se produjeron a fines de junio, con el inicio del invierno, coincidiendo con lo observado por Taiariol et al., (2010) en la zona centro de Corrientes, donde las brotaciones en naranja valencia se iniciaron en julio. Sin embargo Garrán et al. (2005), en la zona de Entre Ríos, determinaron que normalmente el inicio de las brotaciones y floración, se producen en los meses de agosto y septiembre respectivamente. En ambas zonas la floración da comienzo una vez registrados los factores que promueven la inducción floral, como son las bajas temperaturas (<10-15°C) y el déficit hídrico (García-Luis et al., 1992; Valiente y Albrigo 2000, 2004; Cruz et al., 2007; Prado et al., 2007), con respecto a este último factor algunos autores como Southwick y Davenport (1986) consideran que 2 semanas con estrés (que provocan un potencial xilemático de -2,1 MPa al medio día en hoja) son suficientes para inducir floración, por otro lado Rebolledo (2012) considera que un período de estrés de 18 días con aproximadamente 5 mm diarios, (previo a una precipitación de 39 mm) son suficientes para inducir floración.

En este trabajo, las temperaturas medias del aire que ocurrieron en el período que antecede a la floración fueron relativamente altas, y sólo las temperaturas mínimas registraron valores cercanos a los considerados inductivos para los cítricos. Entre los primeros días de mayo y mediados de junio las temperaturas mínimas variaron entre 12,4 a 10,9°C, mientras que la temperatura máxima fluctuó entre 20,8 y 19,3°C. En lo referente al estado hídrico, se registró un periodo de déficit durante las tres primeras semanas de junio seguido de una precipitación de 22,5mm en la cuarta semana (Fig. 12), similar valor fue registrado por Taiariol et al., (2010) y Rebolledo (2012). Asimismo, en diferentes estudios se ha observado que las bajas temperaturas combinadas con déficit hídrico provocan un efecto aditivo sobre la inducción floral, aumentando la proporción de brotes florales y el número total de flores (Goell et al., 1981; Southwick y Davenport 1986, Cruz et al., 2007).

Luego de la ocurrencia de las bajas temperaturas que inducen la floración (Martínez-Fuentes, 2010), el aumento de la temperatura a la salida del invierno desencadena el inicio del crecimiento (Cassin et al., 1969; Prado et al. 2007), siendo mayor la brotación y el número de flores cuanto mayor haya sido la acumulación de horas frío (Valiente y Albrigo, 2004; Martínez-Fuentes, 2010). Así el

inicio de las brotaciones ocurrió en las primeras semanas de julio; cuando se registraron temperaturas mínimas del aire mayores a 15°C, máximas entre 18 a 29°C y luego de ocurridas precipitaciones (fines de junio) (Fig. 12). En los trabajos de Taiariol et al. (2010) y Rivadeneira (2012), realizados en la zona de Corrientes y Entre Ríos respectivamente, también se observó un adelanto en el inicio de la floración, cuando las temperaturas medias del período de invierno fueron mayores a las promotoras de la inducción floral, llegándose a registrar el inicio del período de floración en el mes de julio.

La intensidad de la floración (IF) estuvo en un rango de 17 flores/100 nudos (Fig. 23) a 20 flores/100 nudos (Fig. 21). Estos valores de IF se asemejan a los observados en otras experiencias en las que se mencionaron valores cercanos al 20% (20 flores/100 nudos) (Barros-Da Cunha y Gravina, 2006), aunque son inferiores a los de zonas más frías, donde la intensidad de floración alcanza valores de hasta 42 flores cada 100 nudos para el cv. Valencia late (Martínez-Fuentes, 2010).

De acuerdo a lo expresado, la brotación en la situación de riego se inició a fines de junio. Utilizando la escala de Garrán et al. (1993), en ese momento se registró el estadio de brote vegetativo (B1). Asimismo, durante la primera semana de septiembre se observaron los brotes alargándose activamente (B2 a B3.4), para llegar a fines de noviembre con las hojas alargadas (B4) y finalmente hacia los primeros días de marzo con las hojas adultas (B5-B7) (Fig. 19a). Por otro lado, en el mes de enero se observó una segunda brotación (B1), con escasa presencia de estructuras reproductivas.

El desarrollo de la floración ocurrió conjuntamente con la brotación a fines de junio, observándose la aparición de los botones florales (F0). Los estadios de botón floral verdoso (F1) y flor abriéndose (F3) se manifestaron desde mediados de julio a la primera semana de agosto. Durante la primera semana de septiembre se observaron las flores abiertas (F4), mientras que hacia fines de éste último mes predominaron los estadios con pétalos cayéndose (F5) y completamente caídos (F6). Finalmente, en los primeros días de octubre se comenzaron a observar los primeros frutos cuajados (F7) (Fig. 19b).

No se apreciaron diferencias en la fenología entre los tratamientos de fraccionamiento de la fertilización, Ra1 y Ra0.

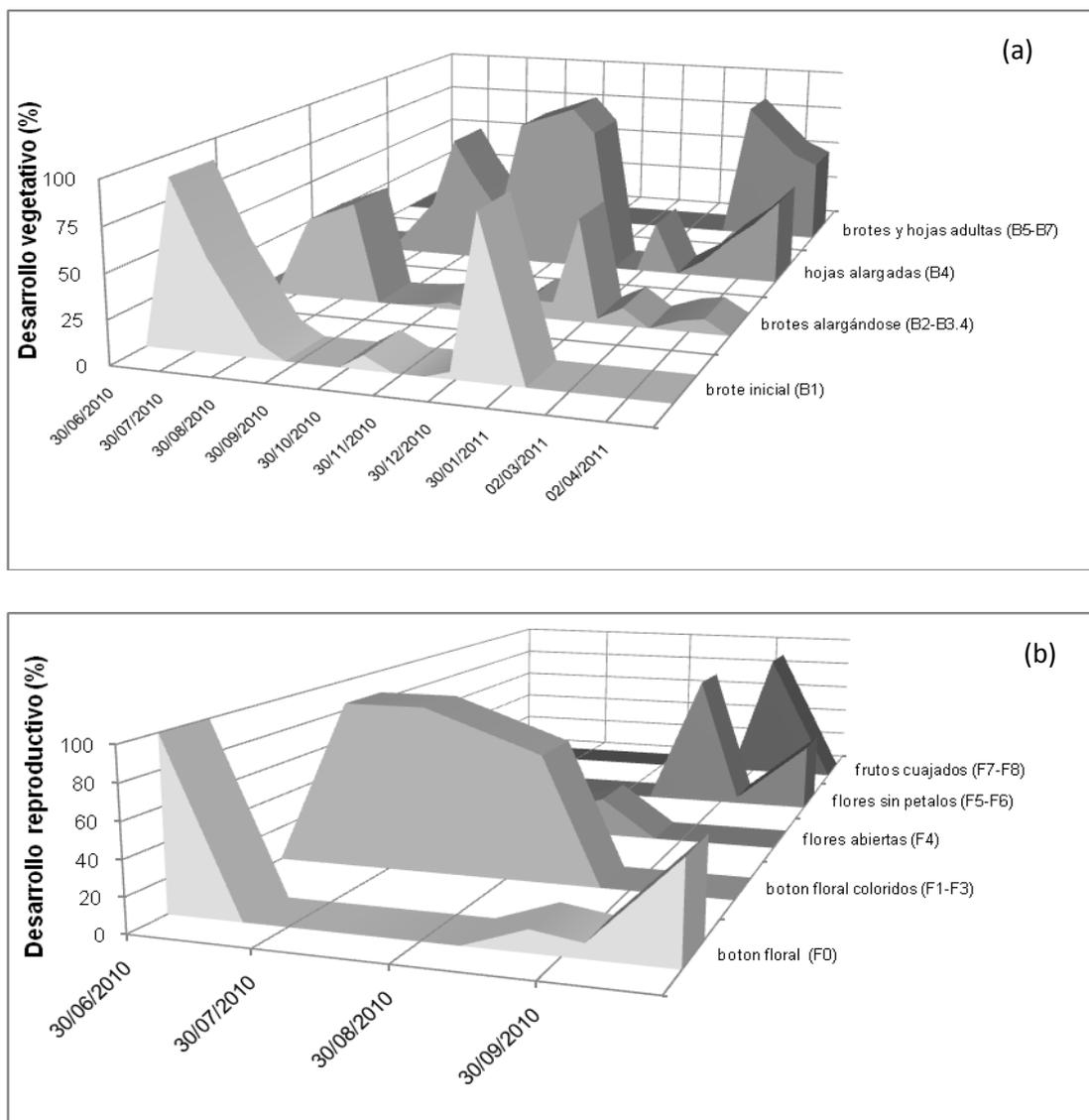


Figura 19. Evolución de la fenología, de los brotes vegetativos (a) y reproductivos (b), en el naranjo dulce, durante la campaña 2010/2011 en Bella Vista, Corrientes, bajo situación de riego.

En situación de secano, también se observó que la brotación tuvo dos momentos bien definidos: uno en primavera y otro en verano, asimismo los períodos intermedios de brotes alargándose (B2) hasta hojas adultas (B5-B7) se produjeron entre agosto y marzo (Fig. 20a), al igual que en la situación de riego.

En lo referente a la floración, la misma presentó el pico de floración más importante a fines de junio (F0), en conjunto con la brotación, para darse por finalizada en los primeros días de octubre, con los frutos cuajados (F7) (Fig. 20b).

No se apreciaron diferencias en la fenología entre los tratamientos de fraccionamiento de fertilización en Sa1 y Sa0.

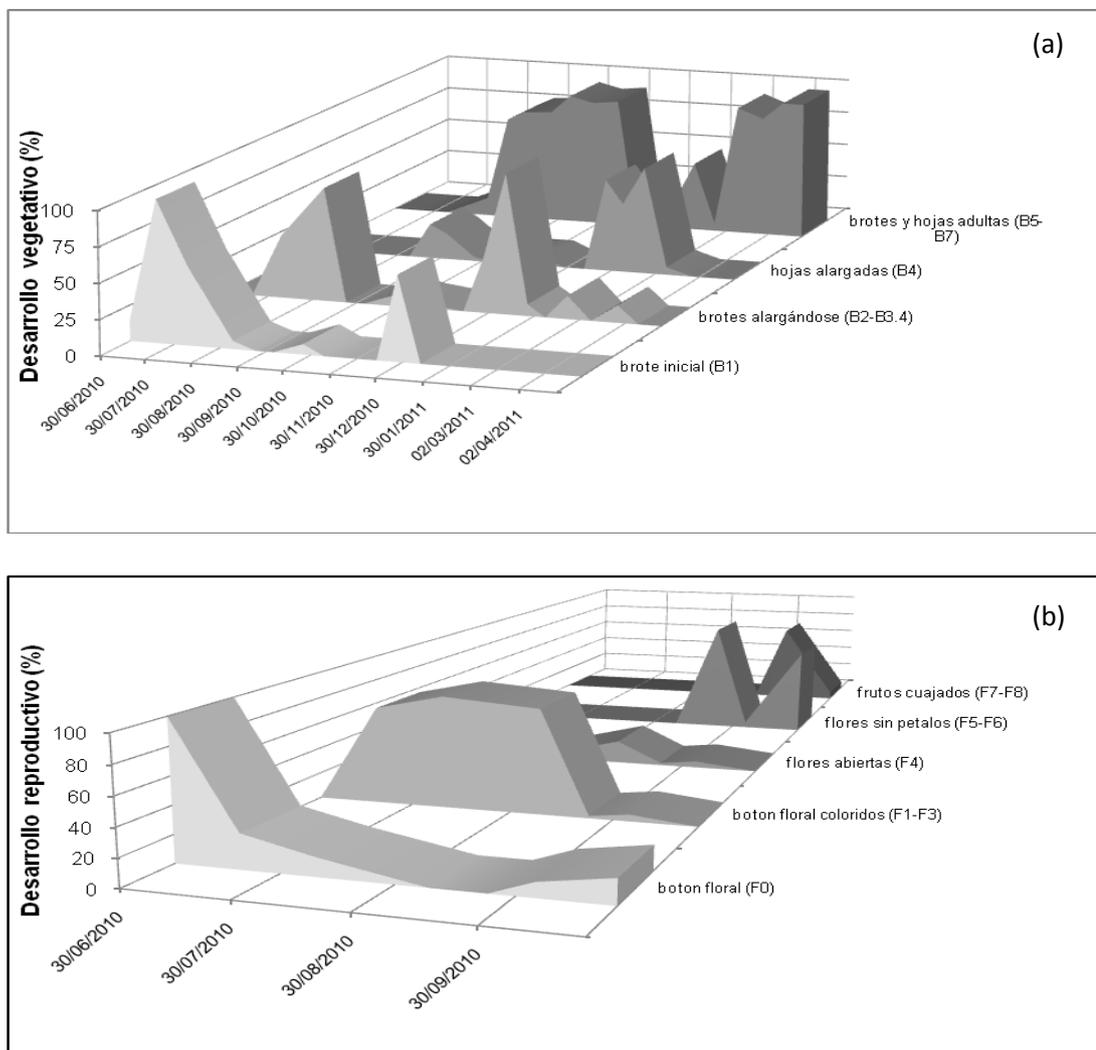


Figura 20. Evolución fenológica de los estadios vegetativos (a) y reproductivos (b) de Naranja Valencia late, durante la campaña 2010-2011 en Bella Vista, Corrientes. Situación de Secano.

La brotación en las diferentes situaciones hídricas fue similar. En ambos casos se presentaron dos brotaciones bien definidas, una en primavera y otra en verano, por último a fines de abril se produjo una brotación menos intensa que las anteriores. La primera se caracterizó por la presencia de brotes vegetativos y florales, mientras que en verano, luego de reanudarse las precipitaciones en diciembre, la brotación fue predominantemente vegetativa, lo cual se correspondió con lo descrito por varios autores (González-Altozano y Castel, 2003b; Prado et al.,

2007). Asimismo Guardiola (1992), comprobó que las plantas de cítricos producen tres brotaciones anuales en clima subtropical, siendo la principal la de primavera ya que es la que lleva las flores, mientras que la de verano y otoño son predominantemente vegetativas.

4.5. Componentes del rendimiento.

4.5.1. Intensidad de floración.

En condiciones de riego, la intensidad de floración (IF) no fue modificada de manera significativa por el fraccionamiento de la fertilización, si bien fue levemente superior en el tratamiento Ra1 (20 flores cada cien nudos) en comparación con el tratamiento Ra0 (17 flores cada cien nudos) (Fig. 21).

Es interesante notar que se observó un incremento significativo de la intensidad de floración en la segunda fecha de observación, respecto a la primera. Este incremento fue de un 35% para el tratamiento Ra1 y de un 30% para Ra0 (Fig. 21).

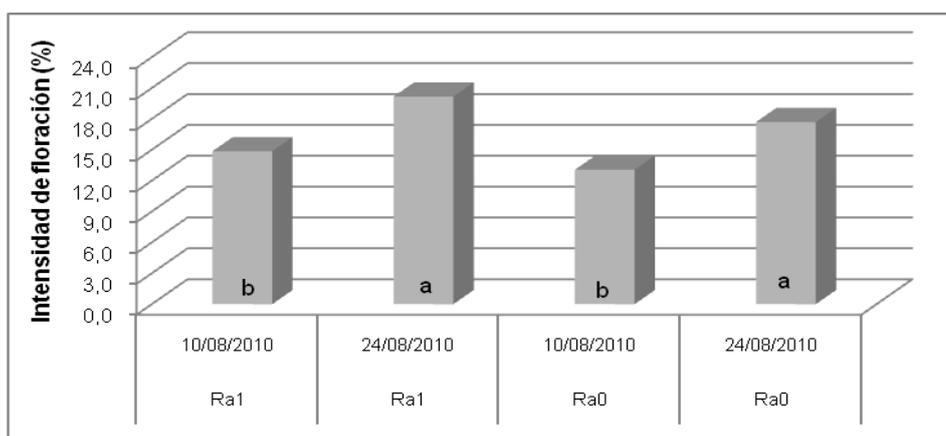


Figura 21. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre la intensidad de floración en situación de riego, para los tratamientos Ra1 y Ra0 en la campaña 2010/2011. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Si bien el tipo de brotes es idéntico para todas las especies de agrios cultivados, se suelen presentar algunas diferencias cuantitativas entre las diferentes especies, e incluso entre variedades. En el naranjo dulce el 50%, aproximadamente, está constituido por brotes mixtos, el 25% por ramilletes de flor, mientras que las flores solitarias y los brotes vegetativos se encuentran en una proporción de un 10% cada uno, y el 5% restante corresponde a brotes campaneros (Guardiola et al., 1977).

Bajo la situación de riego, el fraccionamiento de la fertilización no modificó la distribución de los diferentes tipos de brotes, siendo los mixtos (BM) y los ramilletes florales (RF) los de mayor proporción, seguido por las flores solitarias (FS), brotes campaneros (BC) y brotes vegetativos (BV) (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de las brotaciones, en la situación de riego para el tratamiento donde la fertilización se aplica una vez (Ra0), o se fracciona en tres veces (Ra1) semanales. Campaña 2010-2011.

Tratamiento	Porcentaje de brotación				
	RF	FS	BC	BM	BV
Ra1	38 a	11 a	2 a	48 a	1 a
Ra0	38 a	4 a	7 a	49 a	2 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p < 0,05$).

Si bien cada especie tiene su proporción de brotes característica, hay que considerar que los factores ambientales también influyen notablemente en el desarrollo de los mismos. Así, al analizar la distribución de las brotaciones florales en los diferentes cuadrantes de la copa, se observó que los brotes mixtos, ramilletes florales y flores solitarias se desarrollaron en una proporción más alta en los cuadrantes este-oeste, en tanto sobre los cuadrantes norte-sur predominaron los ramilletes florales y los brotes mixtos (Fig. 22). Con lo cual, la orientación del cultivo en dirección norte-sur, permitió una mayor interceptación lumínica en el follaje sobre los cuadrantes este-oeste, lo cual habría permitido un mayor desarrollo de ramas fructíferas en dichos sitios, de acuerdo a lo hallado por Prado et al., (2007) y García-Luis et al., (1995).

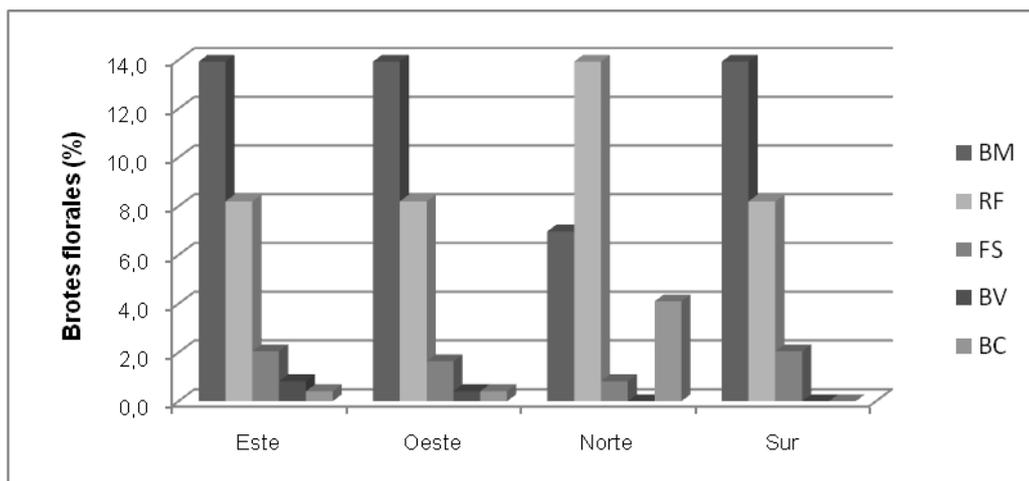


Figura 22. Distribución porcentual de brotes florales por cuadrantes en situación de riego. Campaña 2010-2011.

La intensidad de floración en condiciones de secano no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de fraccionamiento de la fertilización (Fig. 23), al igual que lo observado en condiciones de riego por goteo. Sin embargo, los valores observados en situación de secano fueron levemente inferiores a los encontrados bajo riego mostrando valores de 19 y 17 flores cada 100 nudos respectivamente.

A diferencia de lo cuantificado en los tratamientos de riego, la intensidad de floración en condiciones de secano no se incrementó en la segunda fecha de observación (Fig. 23), indicando una floración más concentrada en el tiempo. Además, la intensidad de floración cuantificada en la primera fecha de observación fue mayor bajo condiciones de secano (Fig. 23) en comparación a la observada bajo riego (Fig. 22), y este efecto no estuvo asociado a una diferencia en el tipo de brotes emitidos en cada caso (Tablas 6 y 7).

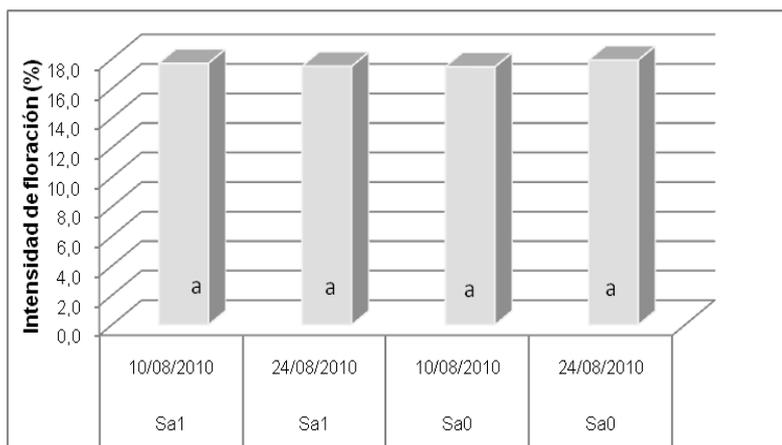


Figura 23. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre la intensidad de floración bajo condición de secano. Campaña 2010-2011, en los tratamientos Sa1 y Sa0. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Tal como se mencionó en el párrafo previo, la distribución de las brotaciones en condiciones de secano fue similar a la observada bajo riego, siendo los brotes mixtos (BM) y los ramilletes florales (RF) los brotes de mayor proporción, seguida por las flores solitarias (FS), los brotes campaneros (BC) y los brotes vegetativos (BV) (Tabla 7).

Tabla 7. Distribución de las brotaciones en la situación de secano para fertilización de base (Sa0) y fertilización una vez por semana (Sa1). Campaña 2010-2011.

Tratamiento	Porcentaje de brotación				
	RF	FS	BC	BM	BV
Sa1	29,2 a	12,4 a	3,4 a	51,1 a	3,0 a
Sa0	35,6 a	6,8 a	3,8 a	48,5 a	5,3 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

La distribución de las brotaciones florales en la situación de secano sobre los cuadrantes este-oeste como en el norte-sur (Fig.24), se presentó en forma similar a la que se observó en la situación de riego (Fig.22), con un mayor porcentaje de brotes mixtos, ramilletes florales y flores solitarias en los cuadrantes este-oeste, en tanto sobre los cuadrantes norte-sur predominaron los ramilletes florales y los brotes mixtos. La mayor luminosidad interceptada sobre el follaje en los cuadrantes este-oeste, debido a la orientación del cultivo, que está en dirección norte-sur

habría permitido un mayor desarrollo de ramas fructíferas en dichos sitios concordando con lo hallado por Prado et al., (2007) y García-Luis et al., (1995).

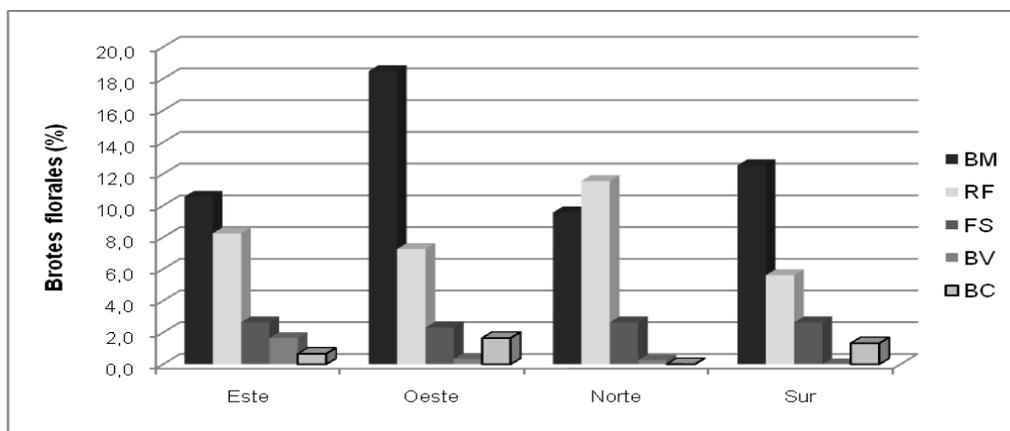
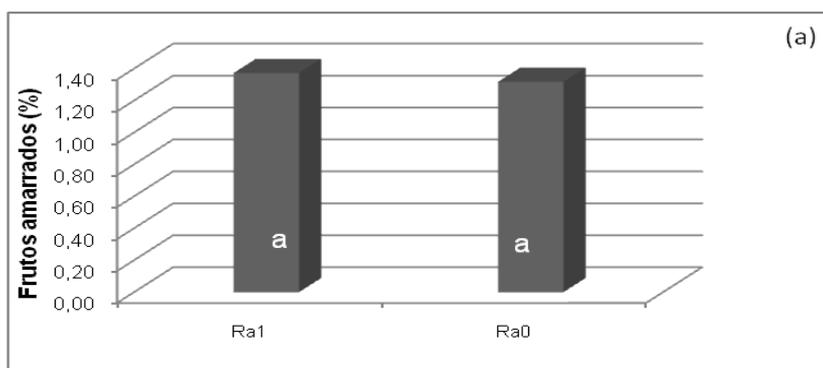


Figura 24. Distribución porcentual de brotes florales por cuadrantes en situación de secano. Campaña 2010-2011.

4.5.2. Cuajado de frutos.

En situación de riego, el fraccionamiento de la fertilización no afectó significativamente el porcentaje de frutas cuajadas, si bien con el incrementando del fraccionando de la fertilización se observó un valor levemente superior (1.4 vs. 1.3%) (Fig.25a). Sobre los cuadrantes tampoco se observaron diferencias significativas en los porcentajes de frutos amarrados, sin embargo el efecto del fraccionamiento del nutriente se hizo más notorio sobre los cuadrantes este-oeste observándose valores levemente superior bajo riego a lo encontrado en secano mostrando valores de 1,44 y 1,33 respectivamente (Fig. 25b).



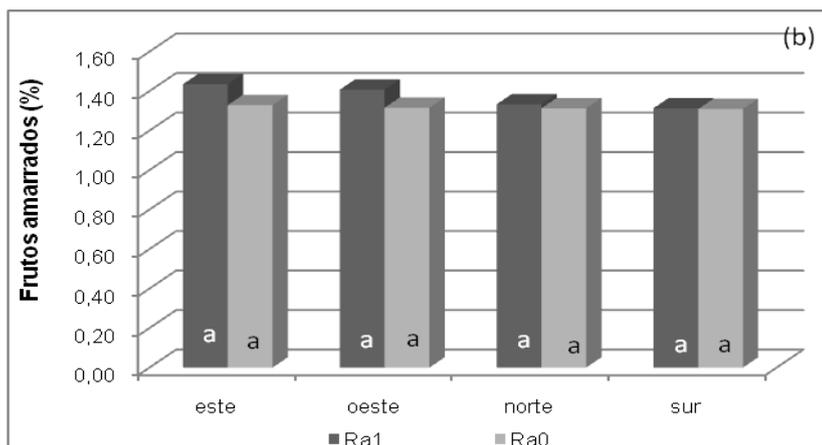
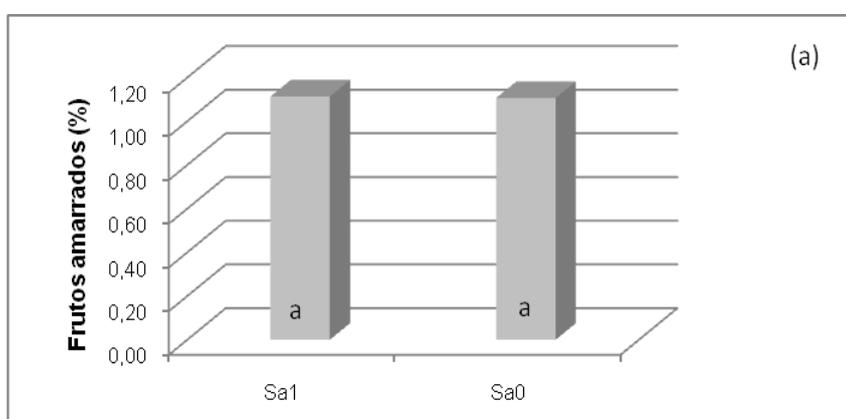


Figura 25. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el porcentaje de cuajado de frutas en naranja Valencia late (a), y en diferentes cuadrantes de la copa (b) bajo situación de riego por goteo. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Periodo septiembre 2010 a febrero 2011.

Bajo condiciones de secano, el porcentaje de cuajado de frutas tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos de fraccionamiento de la fertilización, promediando un valor de 1,1% (Fig. 26a), que resultó inferior al cuantificado bajo riego.

Sobre los diferentes cuadrantes se observó que no hay diferencias significativas en el porcentaje de frutas amarradas; sin embargo fue levemente superior el amarre sobre los cuadrantes del este-oeste respecto al cuadrante norte-sur, de igual manera que en la situación de riego (Fig. 26b).



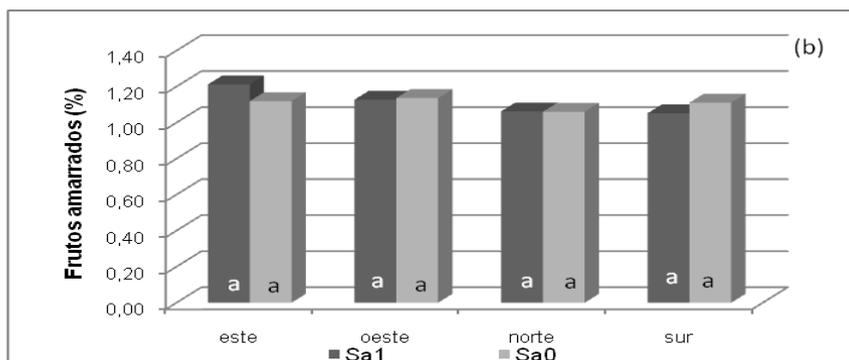


Figura 26. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el porcentaje de cuajado de frutas en naranja Valencia late (a), y en los diferentes cuadrantes de la copa (b), bajo situación de secano. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Periodo septiembre 2010 a febrero 2011.

Se debe considerar tanto la intensidad de floración como el tipo de brote reproductivo en el porcentaje de frutos amarrados, dado que el cuajado depende de la capacidad que tiene la flor para desarrollarse en fruto según los diferentes tipos de brote (Agustí et al., 2003). Se ha propuesto que hasta el final del período de caída de frutos el principal factor promotor de la abscisión sería la competencia por carbohidratos (Guardiola, 2000). Así los frutos originados de brotes sin hoja reciben los asimilados de hojas viejas, las cuales presentan menor capacidad fotosintética (Moss et al., 1972). Por el contrario, la cercanía de hojas jóvenes, fuente de asimilados, se considera de importancia para explicar el mayor cuajado de los brotes mixtos y campaneros (Barros Da Cunha y Gravina 2006). De este modo la presencia de hojas, por un lado, y el número de flores, por otro, son determinantes del cuajado final (Erner et al., 2000; Agustí et al., 2003; Barros Da Cunha y Gravina, 2006). En esta experiencia no se evaluó el cuajado de los diferentes tipos de brotes, pero la proporción de los mismos no fue modificada en los diferentes tratamientos.

Los porcentajes de frutas amarradas en la situación de riego como de secano fueron de 1,3 y 1,1% en promedio, respectivamente. Estos valores están dentro del rango encontrado por varios autores, quienes determinaron en diferentes situaciones cuajados en torno al 1% para naranja Valencia late (Erickson y Brannaman, 1960; Pérez y Jiménez, 2009), o valores menores del 2% en la misma variedad (Guardiola, 1992). Por otro lado, los porcentajes de cuajado observados en nuestra experiencia fueron muy inferiores a los encontrados en condiciones de secano (2,5%) en naranja Hamlin (Giorgi et al., 1991). Debido a que la intensidad de floración afecta notablemente el cuajado en los cítricos (Agustí et al. 2003), es

común observar un rango de cuajado muy amplio, que normalmente fluctúa entre el 0,5 y el 2,5%, tal como fue observado en pomelos (Bustan y Goldschmidt, 1998), aunque en condiciones de excesivas intensidades de floración o accidentes climáticos, el cuajado de frutos puede llegar a ser nulo.

4.5.3. Peso de fruta.

En la situación de riego, el peso medio de las frutas no fue afectado significativamente por el fraccionamiento de la fertilización, si bien en el tratamiento donde la aplicación del fertilizante se hizo tres veces por semana el peso medio de la fruta fue casi 15 g superior (Ra0 = 180,7 g vs Ra1 = 195,2 g) (Fig. 27 y Tabla 8).

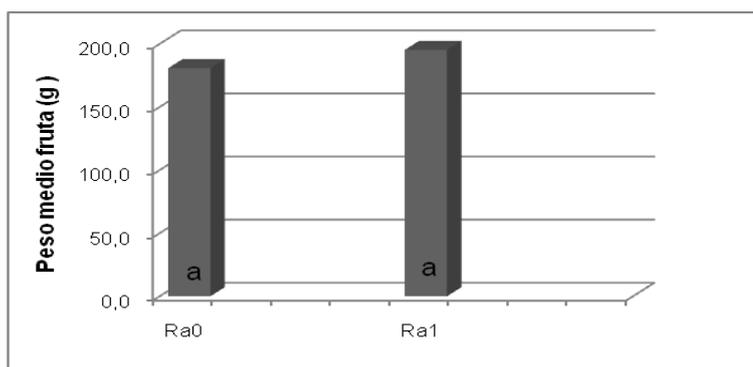


Figura 27. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el peso medio de las frutas (g), de naranja, en situación de riego, para los tratamientos Ra1 y Ra0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011.

En la situación de secano, el fraccionamiento de la fertilización tampoco afectó de manera significativa el peso medio de la fruta (Fig. 28 y Tabla 9), aunque en el tratamiento en que la fertilización se fraccionó el peso de la fruta fue levemente superior (Sa0 = 142 g vs Sa1 = 150 g).

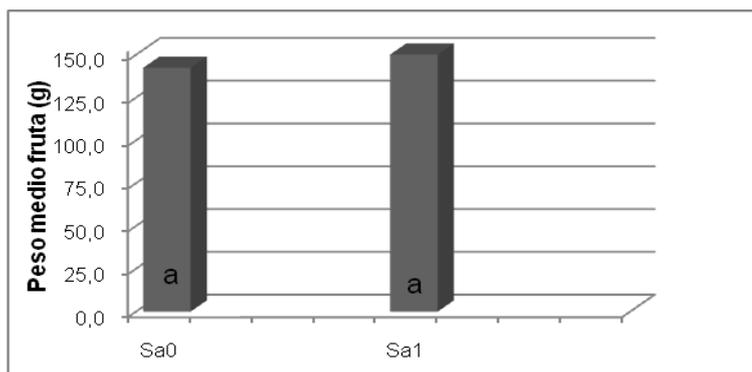


Figura 28. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el peso medio de las frutas (g), de naranja, en situación de secano, para los tratamientos Sa1 y Sa0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011.

Al observar las dos situaciones de suministro hídrico, se observa que el peso de los frutos en situación de riego (Fig. 27) fue mayor (+30%) a los registrados en condiciones de secano (Fig. 28). Esto pudo deberse en primer lugar al déficit hídrico (60 mm, ver Fig. 16a) ocurrido entre fines de febrero y la primera quincena de marzo. Este estrés fue coincidente con la fase II de crecimiento del fruto caracterizado por la elongación celular, por lo que resulta en un período crítico en el efecto de la deficiencia hídrica sobre la determinación del tamaño del fruto en diferentes variedades de cítricos, entre ellas Valencia late (Agustí et al., 2003; García Petillo y Castel, 2004). Por el mismo motivo, el riego deficitario estratégico aplicado en la fase II de crecimiento del fruto causa una reducción del tamaño del fruto de los cítricos (González-Altozano y Castel, 2003a; García Petillo y Castel, 2004; Treeby et al., 2007).

Considerando que, por un lado el porcentaje de frutas amarradas en la situación de riego fue levemente superior al de secano, y por otro que el peso de las frutas fue mayor en las plantas regadas, se puede afirmar que el riego tuvo un efecto directo sobre el peso final alcanzado por las frutas en las dos situaciones y el estado nutricional de las plantas jugó un rol importante en la intensidad de floración y amarre.

4.6. Rendimiento.

Si bien la intensidad de floración y el cuajado de frutos fueron levemente mayores en el tratamiento en que se fraccionó más veces el fertilizante, la combinación positiva de ambos efectos permitió que el número medio de frutas por planta sea muy superior en el tratamiento Ra1 (+50%, 775 frutas planta⁻¹) con respecto a Ra0 (516 frutas planta⁻¹) (Fig. 29 y Tabla 8).

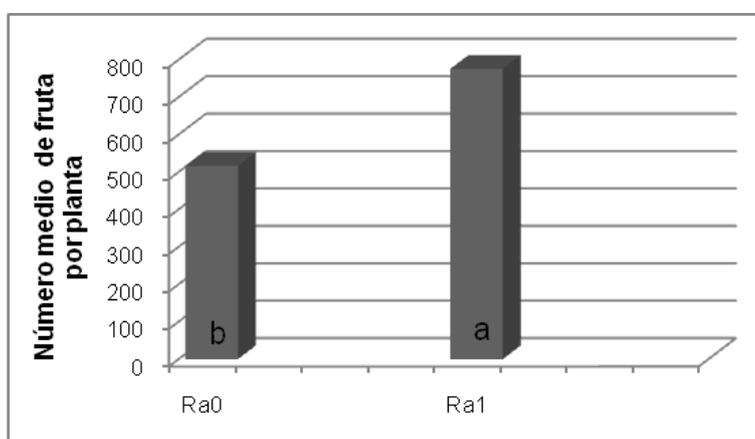


Figura 29. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el número medio de frutas por planta en naranja dulce, en situación de riego suplementario. En los tratamientos Ra1 y Ra0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011.

A consecuencia del aumento en el número de frutas que produjo el fraccionamiento de la fertilización, sin efectos negativos sobre el peso medio de los frutos, el rendimiento total estimado del tratamiento Ra1 fue significativamente mayor ($p \leq 0,05$) (Tabla 8), en la misma proporción que la observada para el número de frutos (+50%), alcanzándose los 53,6 Mg ha⁻¹, en comparación con los 35,9 Mg ha⁻¹ estimados en el tratamiento Ra0.

Asimismo, la PA fue significativamente mayor en el tratamiento de mayor fraccionamiento de fertilizante (49% mayor): 6,1 kg m⁻³ en Ra1 vs 4,1 kg m⁻³ en Ra0 (Tabla 8).

Tabla 8. Efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el número de fruta por planta, peso medio de las frutas (g) y rendimiento total de fruta (Mg ha^{-1}), y productividad del agua (PA; kg m^{-3}) para los tratamientos en situación de fertirriego tres veces (Ra1) y una vez (Ra0) por semana.

Tratamiento	Nº fruta por árbol	Peso fruta (g)	Rend. (Mg ha^{-1})	PA* (kg m^{-3})
Ra0	516b	180,7a	35,98b	4,1b
Ra1	775a	195,2a	53,60a	6,1a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). *PA productividad del agua (Rend/ETc).

Consecuentemente, el mayor rendimiento de fruta por hectárea en el tratamiento Ra1 (Tabla 8) se logró a partir del mayor número de frutas por planta recolectadas en cosecha, coincidiendo con lo propuesto por Guardiola (2000). Por otra parte, también se observó que la fertilización fraccionada aumenta el rendimiento de fruta (Alva et al., 1998; Holzapfel et al., 2001; Duenhas et al., 2005; Quiñones et al., 2007), lo cual podría deberse al menor riesgo de lixiviación de los nutrientes, en especial el N.

Contrariamente a lo comentado, en otras experiencias se obtuvieron producciones similares cuando se aplicó una misma dosis de fertilizante nitrogenado en 2 y 10 aplicaciones (Koo, 1980). Igualmente, en un estudio más reciente, no se obtuvieron mejoras en la producción de naranjos del tipo Navel cultivados en un suelo franco arcillo arenoso, aplicando la misma dosis de N fraccionada en 2 o 5 veces en riego por inundación en comparación con 66 aplicaciones en riego por goteo (Quiñones et al., 2005).

El valor de la PA encontrado en el tratamiento de mayor fraccionamiento de nutriente es similar a los valores encontrados, tanto en naranja Valencia de 19 años de edad (García Petillo y Castel, 2004) y en Navelina de 25 años (Gasque et al., 2010), considerando en ambas situaciones una reposición de 100% de ETc.

En la situación de secano, el número de frutas por planta también fue significativamente mayor en el tratamiento en el que se hizo un mayor fraccionamiento de la fertilización. Sin embargo, en este caso las diferencias entre tratamientos fueron menores (<10%), ya que el número de frutos por planta fue 608 en Sa0 y 668 en Sa1 (Fig. 30 y Tabla 9). Como consecuencia de lo anterior, el

rendimiento final por planta fue significativamente mayor en el tratamiento en el que se fraccionó la fertilización (+15%) (Tabla 9).

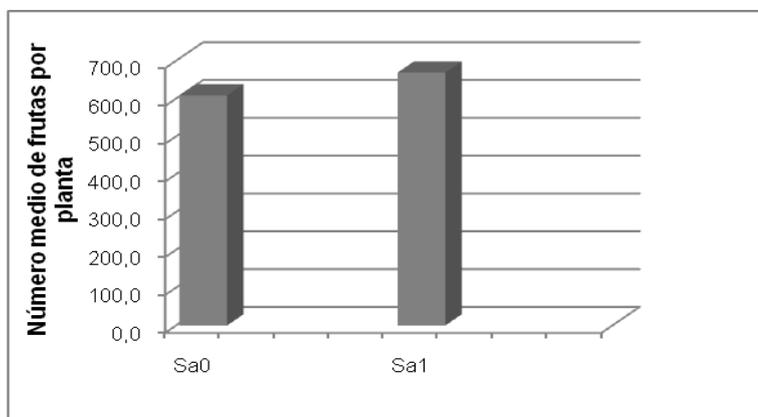


Figura 30. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre el número medio de frutas por planta en naranja dulce, en situación de secano, en los tratamientos Sa1 y Sa0. Letras diferentes indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$). Campaña 2010-2011.

Tabla 9. Efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el número de fruta por planta, el peso medio de la fruta (g), y el rendimiento total (Mg ha^{-1}) en situación de secano. Fertilización aplicado una vez a la semana (Sa1) y de base (Sa0). Campaña 2010-2011.

Tratamiento	Nº fruta por árbol	Peso fruta (g)	Rend. (Mg ha^{-1})
Sa0	608 ^b	142,4 ^a	30,90 ^b
Sa1	668 ^a	150,2 ^a	35,90 ^a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la situación de secano al igual que lo observado en el ensayo bajo riego, el número de fruta por planta, fue el componente de la producción que explicó las diferencias en los rendimientos.

Evaluando lo ocurrido en las situaciones de riego y de secano, el número de frutas obtenidas en ambos tratamientos es alto, lo cual está de algún modo reflejando el buen estado nutricional de las plantas previo al inicio de la brotación y la floración (Fig. 17 y 18). Sin embargo, en ambos ensayos se obtuvo un mayor

número de frutas por planta al fraccionarse la fertilización, mientras que el incremento del peso de la fruta pudo estar más asociado al efecto del riego.

Cuando los cítricos son regados por debajo de sus necesidades hídricas durante varios años, la producción puede no resultar afectada en la misma proporción al déficit hídrico (González-Altazano y Castel, 2003b; Junior et al., 2011), lo cual es coincidente con lo observado en nuestro trabajo donde se presentó un déficit hídrico del 55% respecto a la situación de riego y la pérdida de rendimiento fue del orden del 50%. Resultados similares fueron obtenidos durante 4 años de evaluación de naranja valencia, donde los cultivos de secano, con 40% de déficit hídrico respecto a las plantas regadas, presentaron un menor rendimiento (31%) como consecuencia del menor peso de los frutos (García-Petillo y Castel, 2004).

Si consideramos que el cultivo de este ensayo lleva 20 años en situación de secano, el mismo podría presentar varias adaptaciones a los cambios de distribución de las precipitaciones, ya que se ha comprobado que la baja disponibilidad de agua en el suelo aumenta la relación raíces/parte aérea (Hilgeman, 1977), lo que favorece un mejor equilibrio hídrico de área foliar existente (González-Altazano, 2003b). La distribución de las raíces en los árboles sometidos a déficit hídrico también cambia, explorando zonas más profundas como medida de adaptación para mejorar la disponibilidad de agua (Wagner et al., 2002; Júnior et al., 2011).

Considerando todo lo expresado, sumado a un buen manejo cultural y fitosanitario, es posible mejorar el comportamiento productivo de los cultivos de secano de la zona obteniéndose una importante respuesta al fraccionamiento de la fertilización, cuando los aportes de las precipitaciones se presentan en los periodos críticos, llegándose así a superar ampliamente los rendimientos medios de quintas en plena producción en secano de la zona (18-25 Mg ha⁻¹) (Ligier et al., 2002, 2004, 2005). En la situación de riego la estrategia de fraccionamiento de la fertilización a través del fertirriego, conjuntamente con el riego suplementario permitió lograr altos rendimientos del cultivo para éste sistema de manejo, donde se alcanzaron rendimientos entre 70-90 Mg ha⁻¹ (Ligier et al., 2002, 2004, 2005).

4.7. Calidad.

Dentro de los criterios de producción, las características cualitativas de la fruta cosechada son de importancia al momento de determinar la comercialización de la misma. En ninguno de los parámetros analizados se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 10).

Tabla 10. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre diferentes parámetros del fruto de naranja dulce, cv. Valencia late, para los tratamientos en situación de riego Ra1 y Ra0. Datos correspondientes a la campaña 2010/2011.

Tratamiento	Altura media (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Grosor corteza (cm)	Volumen de jugo (%)	SST (°Brix)	Acidez (%)	SST/Acidez
Ra1	7,0a	7,3a	0,4a	56,1a	11,1a	1,6a	7,0a
Ra0	6,8a	7,0a	0,4a	51,4a	12,1a	1,8a	7,0a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Los parámetros evaluados en el ensayo en situación de riego para los tratamientos Ra1 y Ra0 indican una alta calidad para la naranja, sin embargo el valor de la acidez es elevado. Avanza et al. (2005), en Corrientes, obtuvieron mejores parámetros de calidad durante el mes de agosto, momento en que se alcanzó la madurez comercial de los frutos. Estos autores encontraron un contenido de SST notablemente inferior (9,8 ° Brix) al de este ensayo, al igual que la acidez (1,08 %), pero la relación SST/Acidez (9,18) resultó superior consecuencia de la baja acidez.

Considerando las normas de calidad para la comercialización de fruta fresca contempladas por el CODEX-FAO (2004), la SAGPyA (2004), y el reglamento de Ejecución de la Unión Europea (2011), los parámetros considerados de mayor importancia en la comercialización para el mercado interno y externo son: el calibre, donde los valores obtenidos en el ensayo son de 7 (67-76mm) en Ra0, y 6 (70-80mm) en Ra1 los cuales son tamaños adecuados para la obtención de buenos

precios, considerando que el valor mínimo es de 53 mm; el porcentaje de jugo debe ser $\geq 35\%$, el cual es superado en 47% (Ra0) y 60% (Ra1) Tabla (10) y por último, los valores de ratio están por arriba del límite inferior (6,5) en ambos tratamientos.

En la situación de seco, los parámetros de grosor de corteza, porcentaje de jugo, contenido de SST, acidez, y SST/Acidez no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 11).

El calibre del tratamiento Sa0 presentó un valor 9 (62-70mm), mientras que para Sa1 estuvo dentro del calibre 8 (64-73mm). Estos calibres no permiten alcanzar los mismos precios que para el caso de la situación bajo riego, lo que implica una disminución en los ingresos. Asimismo, el valor de la relación SST/Acidez en Sa0 (6,3) está por debajo del mínimo (6,5) lo cual fue debido a la elevada acidez (2,1 %), Sin embargo, en el tratamiento Sa1 la relación SST/Acidez (7,2) es superior al límite, siendo la acidez 1,7 %. El resto de los parámetros observados no difirió demasiado de lo observado bajo la situación de riego.

Tabla 11. Influencia del fraccionamiento de la fertilización sobre diferentes parámetros del fruto de naranja dulce, cv. Valencia late, para los tratamientos en situación de seco. Fertilización una vez a la semana (Sa1) y de base (Sa0). Datos correspondientes a la campaña 2010/2011.

Tratamiento	Altura media (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Grosor corteza (cm)	Volumen de jugo (%)	SST (°Brix)	Acidez (%)	SST/Acidez
Sa1	6,6a	6,8a	0,4a	55,1a	12,3a	1,7a	7,2a
Sa0	6,2a	6,5a	0,3a	55,0a	12,9a	2,1a	6,3a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Los valores altos de SST y acidez son adecuados para la fecha de recolección (julio), en la zona de Bella Vista según lo hallado por Taiariol et al., (2009), quienes consideran que es posible comenzar a cosechar la naranja Valencia late en junio-julio para mercado interno y exportación con SST/Acidez de 6,5:1 y 35 % de jugo. Sin embargo, el momento óptimo de cosecha ocurriría en septiembre-octubre, momento en el que se alcanzaría una relación SST/Acidez de 10:1 y un contenido de jugo cercano al 50% (Taiariol et al., 2009). Los parámetros

hallados en el presente ensayo fueron concordantes con los mencionados por Taiariol et al. (2009).

Los valores de acidez, SST, SST/Acidez y volumen de jugo (%) en las situaciones de riego como de secoano fueron similares lo cual está reflejando que el riego fue adecuado (Koo, 1980; Castel y Buj, 1990; González-Altozano y Castel, 2003a; Duenhas et al., 2005). Cuando el aporte de agua fue excesivo la calidad de los frutos resultó afectada, aumentando la acidez y disminuyendo la concentración de SST (Koo y Smajstrla, 1984; Hé et al., 2003; Treeby et al., 2007).

Considerando los resultados y su análisis, se puede incrementar considerablemente el rendimiento de los cítricos en la cuenca Bellavistense utilizando las técnicas de fraccionamiento de la fertilización y el riego. El fraccionamiento de la fertilización aumentó el número de frutos por planta tanto en la situación de riego como de secoano, mientras que el riego suplementario mejoró fundamentalmente el tamaño de los frutos.

5. CONCLUSIONES.

En la situación de secano:

- Con el fraccionamiento de los nutrientes los procesos fenológicos de brotación y floración se comportaron de forma similar. Asimismo, no se observaron diferencias significativas en la intensidad de floración, el cuajado y la calidad de los frutos entre los tratamientos Sa0 y Sa1. Dentro de los componentes de rendimiento, se logró incrementar significativamente (+10%) el número de frutos por planta en el tratamiento Sa1, lográndose aumentar el rendimiento (+15%).

En la situación de riego:

- Con el fraccionamiento de los nutrientes los procesos fenológicos de brotación y floración se comportaron de forma similar. Asimismo, la intensidad de floración, el cuajado y la calidad de los frutos entre tratamientos Ra0 y Ra1 no tuvieron diferencias significativas. Dentro de los componentes de rendimiento, el número de frutos por planta se incremento significativamente (+50%) en el tratamiento Ra1, lográndose aumentar el rendimiento en la misma proporción.
- El riego suplementario permitió aumentar notablemente el calibre de los frutos.
- La PA se mejoró significativamente (49%) en la situación de riego, con el incremento del fraccionamiento de los nutrientes.

De acuerdo a la hipótesis planteada tanto en la situación de riego como de secano, a través del fraccionamiento de la fertilización se logró un mayor rendimiento, a través del incremento del número de frutos por planta. Por otro lado, en SR se determinó que el riego suplementario mejoró fundamentalmente el tamaño de los frutos. Con respecto a la calidad de los frutos, no se verificó la hipótesis dado que no se observaron efectos entre los diferentes tratamientos, ni para riego ni para secano.

Por todo lo anterior se puede incrementar de manera muy importante el rendimiento de los cítricos en la cuenca Bellavistense, utilizando las técnicas de fraccionamiento de la fertilización y el riego.

6. BIBLIOGRAFIA.

AGUSTÍ, M., 2003. Citricultura. 2ª Edición. Editorial Mundi Prensa, Madrid, España. 422pp.

AGUSTÍ, M.; MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; JUAN, M.; ALMELA, V., 2003. Cuajado y desarrollo de frutos cítricos. Editorial Generalitat Valenciana. Valencia. España. 80 pp.

ALBRIGO, G., 1992. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. En: Simpósio internacional de citros fisiologia. Bebedouro. Anais Bebedouro: Fundação Cargill: 100-106.

ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M., 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Roma. 298 pp.

ALVA, A.K.; PARAMASIVAM, S., 1998. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1335–1342.

ALVA, A.K.; PARAMASIVAM, S.; GRAHAM, W.D.; WHEATON, T.A., 2003. Best nitrogen and irrigation management practices for citrus production in sandy soils. *Water, Air, and Soil Pollution* 143: 139–154.

ALVA, A.K.; PARAMASIVAM, S.; OBREZA, T.A.; SCHUMANN, A.W., 2006. Nitrogen best management practice for citrus trees I. Fruit yield, quality, and leaf nutritional status. *Sci. Hort.* 107: 233–244.

ALVA, A.K.; PARASAMIVAM, S.; GRAHAM, W.D., 1998. Impact of nitrogen management practices on nutritional status and yield of Valencia orange trees and groundwater nitrate. *J. of Env. Qua.* 27: 904-919.

AMOROS, C.M., 1999. Producción de agrios. 2ª Edición. Editorial Mundi Prensa, España. 318 pp.

AVANZA, M.M.; MAZZA, S.M.; RODRÍGUEZ, V.A.; BÓBEDA, G.R., 2005. Distribución del peso y número de frutos de naranjo dulce en función de su forma a la cosecha. U.N.E.- Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, 2005. Resumen: A-018. [<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-018.pdf>], (Consultado: 17/02/2010).

BARROS DA CUNHA, M.; GRAVINA, A., 2006. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tangor ortanique. Agrociencia X(1): 37-46. [http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/VOL10/1/agrocienciajul2006_pp37-46.pdf], (Consultado: 09/02/2011).

BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E., 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. Plant Cell and Env. 21: 217-224. [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.1998.00267.x/pdf>] (Consultado: 11/09/2010).

CALVI, M., 2008. Avance de diagnóstico del sistema de producción cítrica, "perfil tecnológico de la producción agropecuaria Argentina". INTA-EEA Mercedes. (Área estratégica económica y sociología).

CASSIN, J.; BOURDEAUT, J.; FOUQUE, A.; FURON, V.; GAILLARD, J.P.; LESBOURDELLES, J.; MONTAGUT ; MOUREIL, C., 1969. The influence of climate upon blooming of citrus in tropical areas. Proc. 1st Intl. Citrus Symp. 1: .315-323.

CASTEL, J.R.; BUJ, A., 1990. Response of Salustiana oranges to high frequency deficit irrigation. Irrig. Sci. 11: 121-127.

CASTEL SANCHEZ, J.R., 2005. Fertirrigación de cítricos. En: Cadahia-Lopez, C. (coord.). Fertirrigación cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª ed. Madrid. Mundi Prensa: 645-660.

CASTRO, J.; PEICHOTTO J., 1997. Sistemas productivos predominantes en el área de la EEA INTA-Bella Vista: Caracterización económica de casos que participan del programa cambio rural.

CODEX (FAO), PARA LA NARANJA., 2004. CODEX STAN 245: 1-6.

CRUZ, M.C.M.; ROCHA, R.H.C.; SIQUEIRA, D.L.; SALOMAO, L.C.C., 2007. Evaluation of the leaf water potencial, soil humidity and air temperature on the pre-bloom of citrus. Ciênc. agrotec. Lavras 31(5): 1291-1296.

DASBERG, S., 1987. Nitrogen fertilization in citrus orchards. Plant and soil 100: 1-9.

DASBERG, S., BAR-AKIVA, A., SPAZISKY, S., COHEN, A., 1988. Fertigation versus broadcasting in an orange grove. Fertil. Res. 15: 147–154.

DUENHAS, L.H; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, L.M.P.; MARCUS V. A. M. OLIVEIRA, M.A.M.; DALRI, A.B., 2005. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. Eng. Agríc. Jab. 25(1): 154-160.

DU-PLESSIS, S.F.; KOEN, T.J., 1988. The effect of N and K fertilization on yield and fruit size of Valencia. Proceedings of the Sixth International Citrus Congress, Middle-East: 663-672. [http://www.crec.ifas.ufl.edu/academics/classes/HOS6546/materials/ISC_1988_2_663-672.pdf] (Consultado: 25/04/2011).

EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; PLATT, R. G., 1978. Leaf analysis as a guide to citrus fertilization. Reisenauer, H.M. (ed.). *In* University of California, Division of Agric. Sci. California, USA: 4-9.

ERICKSON, L.C.; BRANNAMAN, B.L., 1960. Abscission of reproductive structures and leaves of orange trees. Proc. Am. Soc. Hort. Slc. 75: 222-229.

ERNER, Y.; COHEN, A.; MAGEN, H. Traducción al español MELGAR, R. 2000. "Boletín N° 4, Fertilizando para altos Rendimientos Cítricos-Potasa".

ESCOBAR, E.H.; LIGER, H.D.; MELGAR, R.; MATTEIO, H.R.; VALLEJOS, O. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes, 1:500.000. Subsecretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Corrientes. Imprenta Vida Correntina.

FAO., 2009. ETo Calculator. Land and Water Digital Media Series, N° 36. FAO, Rome, Italy. Disponible en: [<http://www.fao.org/nr/wáter /ETo.html>]. (Consultado: 12/03/2010).

FEDERCITRUS., 2011. La actividad citrícola Argentina. Disponible en: [www.feder citrus.org]. (Consultado:01/02/2012).

FORSYTHE, W., 1975. Física de suelos. Editorial IICA. 212pp.

GARCÍA PETILLO, M.; CASTEL, J.R., 2004. The response of Valencia orange trees to irrigation in Uruguay. Span. J. Agric. Res 2: 429-443.

GARCÍA PETILLO M.; CASTEL J.R., 2007. Water balance and crop coefficient estimation of a citrus orchard in Uruguay. Span. J. Agric. Res 5(2): 232-243.

GARCIA-LUIS, A.; FORNÉS, F.; GUARDIOLA, J.L., 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. Alexandria, 5(120): 222-227.

GARCIA-LUIS, A.; FORNÉS, F.; SANZ, A.; GUARDIOLA, J.L., 1988. The regulation of flowering and fruit set in citrus: relationship with carbohydrate levels. Israel J. Bot. 37: 189-201.

GARCIA-LUIS, A.; KANDUSER, M.; SANTAMARINA, P.; GUARDIOLA, J.L., 1992. Low temperature influence on flowering in *Citrus*. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Phys. Plant.* 86: 648-652.

GARCÍA-TEJERO, I.; ROMERO-VICENTE, R.; JIMÉNEZ-BOCANEGRA, J.A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, G.; DURÁN-ZUAZO, V.H.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J.L., 2010. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agric. W. Man.* 97: 689-699.

GARRAN, S.; RAGONE, M.; CIUCIO, J., 1993. Observaciones fenológicas en plantas cítricas. Resumen XVI Congreso Argentino de Horticultura. p. 171.

GARRAN, S.; ANDERSON, C.; RIVADENEIRA, M.F.; GARIN, R.O.; MIKA, R., 2005. Fenología en plantas de naranja valencia late. Resumen V Congreso Argentino de Citricultura, Concordia, Entre Rios.

GASQUE, M.; GRANERO, B.; TUREGANO, J. V.; GONZALEZ-ALTOZANO, P., 2010. Regulated deficit irrigation effects on yield, fruit quality and vegetative growth of 'Navelina' citrus trees. *Span. J. Agric. Res.* 8: 40-51.

GIORGI DI, F.; YASUHIRO, B.; KELSON DIB, I.; MARCHI, R.J.; TRIBONI, H.R.; WAGNER, R.L.; ANDRADE, G., 1991. Influência climática na produção de laranja. *Laranja*, 1(12): 163-192.

GOELL, A.; GOLOMB, A.; KALMAR, D.; MANTELL, A.; SHARON, SH., 1981. Moisture stress -a potent factor for affecting vegetative growth and tree size in citrus. *Proc. Int. Soc. Citric.*: 503-506.

GOLDSCHMIDT, E.E.; ASCHKENAZI, N.; HERZANO, Y.; SCHAFFER, A.A.; MONSELISE, S.P., 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. *Sci. Hort.* 26: 159-166.

GONZALEZ, R.D.; RODRIGUEZ, N., 1988. Elaboración de bebidas analcoholicas a base de jugo cítricos. Manual técnico. INTI: 89pp.

GONZALEZ-ALTOZANO, P.; CASTEL, J.R., 2003a. Riego deficitario controlado en "clementina de nules" I. Efectos sobre la producción y la calidad de la fruta. Span. J. Agric. Res.1: 81–92.

GONZÁLEZ-ALTOZANO, P.; CASTEL, J.R., 2003b. Riego deficitario controlado en "clementina de nules" II. Efectos sobre el crecimiento vegetativo. Span. J. Agric. Res. 1(2): 93–101.

GUARDIOLA, J., 2000. Regulation of flowering and fruit development: endogenous factors and exogenous manipulation. Proc. Intl. Soc. Citric. 1: 342-346.

GUARDIOLA, J. L.; AGUSTÍ, M.; GARCÍA-MARÍ, F., 1977. Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange. Proc. Int. Soci. Citric. 2: 696-699.

GUARDIOLA, J., 1992. Fruit set and growth. Proceeding of the second international seminar on citrus physiology: 1-27.

GUARDIOLA, J.; GARCÍA-MARI, F.; AGUSTI, M., 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. Physiol. Plant. 62: 297-302.

GUIA PARA EL EXPORTADOR CITRÍCOLA., 2007. Exportar desde Corrientes. Ministerio de producción, trabajo y turismo. Corrientes (5): 87-102. [<http://www.corrientesexporta.gov.ar/manager/uploads/files/50.pdf>] (Consultado: 12/09/2011).

GUTMAN, G.; LEVIN, P.; REBELLA, C.; CAMINOS, J., 1988. EN: GUTMAN, G.; LEVLN, C.; REBELLA, Y.J. Caminos, documento preliminar, Buenos Aires, 1988. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación dentro del Programa de Asistencia Técnica del Banco internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), "Subsistema Citrícola. Perfiles de estrategias de desarrollo", trabajo mimeografiado.

HE, Z.L.; CALVERT, D.V.; ALVA, A.K.; BANKS, D.J.; LI, Y.C., 2003. Thresholds of leaf nitrogen for optimum fruit production and quality in grapefruit. Soil. Sci. Soc. Am. J. 67(2): 583-588.

HILGEMAN, R.H., 1977. Response of citrus trees to water stress in Arizona. *Proceedings of the international society of the Citriculture* 1: 70-74.

HOLZAPFEL, E.; LOPEZ, C.; JOUBLAN, J.; MATTA, R., 2001. Efecto del agua y fertirrigación en el desarrollo y producción de naranjo cv. Thompson navel. *Agríc. Téc.* 61(1): 51-60.

IGLESIAS, D.J.; TADEO, F.R.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M., 2003. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. *Tree physiology* 23: 199-204.

INFOSTAT., 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

JACKSON, M.L., 1964. *Análisis químico de los suelos*. 2° Edición. Editorial Omega s.a., Barcelona: 666pp.

JÚNIOR, J.A.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, C.R.; SILVA, T.J.A.; EVANGELISTA, A.W., 2011. Response of young 'tahiti' lime trees to different irrigation levels. *Eng. Agríc. Jab.* 31(2): 303-304.

KOO, R.C.J., 1980. Results of citrus fertigation studies. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 93: 33-36.

KOO, R.C.J., 1988. Fertilization and irrigation effects of fruit quality. In: Ferguson, J.J., Wardowski, W.F. (Eds.), *Factors Affecting Fruit Quality —Citrus Short Course. Proceedings*, 97. Univ. of Florida, Coop. Extension Ser., Gainesville, FL: 35-42. [http://irrec.ifas.ufl.edu/flcitrus/pdfs/short_course_and_workshop/factors_fruit_quality/Koo-Fertilization_and_Irrigation.pdf] (Consultado: 25/04/2010).

KOO, R.C.J.; SMAJSTRLA, A. G., 1984. Effects of trickle irrigation and fertigation on fruit production and juice quality of 'valencia'. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97: 8-10.

LASKOWSKI-OCHOA, L.E., 2006. Características de la abscisión del fruto de naranja *Citrus sinensis* [L]. Osbeck, cv Salustiana. Biagro 18(1): 25-30.

LEDESMA, F.M., 2012. Evaluación del efecto de distintos regímenes de riego como estrategia de riego deficitario controlado en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Tesis de Maestría en Riego y Drenaje. Universidad Nacional del Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina. 77pp.

LEGAZ- PAREDES, F.; PRIMO MILLO, E., 1988. Norma para la fertilización de los agrios. 2ª Edición. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Serie: «Folletos Divulgación» España, nº 5-88: 29pp.

LEGAZ-PAREDES, F.; PRIMO-MILLO, E., 1984. Influence of flowering, summer and autumn flushes on the absorption and distribution of nitrogen compounds in citrus. In: Proceedings of the International Society of Citriculture 1: 224-233. 5th International Citrus Congress, Sao Paulo, Brasil.

LEGAZ-PAREDES, F.; PRIMO-MILLO, E.; PRIMO-YÚFERA, E.; GIL, C., 1981. Dynamics of 15N-labelled nitrogen nutrition in Valencia orange trees. In: Matsumoto K, Oogaki C and Kozaki I (eds). Proceedings of the International Society of Citriculture 2: 575-582. 4th.International Citrus Congress, Tokio, Japan.

LEGAZ-PAREDES, F.; SERNA, M.D.; PRIMO-MILLO, E., 1995. Mobilization of the reserve N in citrus. *Plant Soil* 173: 205-210.

LIGIER, H.; PERUCCA, A.; KURTZ, D.; MATTEIO, H., 2005. Relevamiento cítrico en 14 departamentos de la Provincia de Corrientes. EEA INTA Corrientes – Recursos Naturales. Corrientes. 42 pp.

LIGIER, H.; PERUCCA, A.; KURTZ, D.; MATTEIO, H.; VALLEJOS, O., 2002. Relevamiento cítrico en el departamento de Monte Caseros, Corrientes. EEA INTA Corrientes – Recursos Naturales. Corrientes. 32 pp.

LIGIER, H.; PERUCCA, A.; KURTZ, D.; MATTEIO, H.; VALLEJOS, O., 2004. Relevamiento cítrico en el departamento de Bella Vista, Corrientes. EEA INTA Corrientes – Recursos Naturales. Corrientes. 31 pp.

LOPEZ, J.A., 1980. Breves referencias sobre la evolución del cultivo de naranjo en la provincia de Corrientes desde su origen hasta la actualidad. 21pp.

LOVATT, C.J.; STREETER, S.M.; MINTER, T.C.; O'CONNELL, N.V.; FLAHERTY, D.L.; FREEMAN, M.W.; GOODELL, P.B., 1984. Phenology of flowering in *Citrus sinensis* [L]. Osbeck, cv. Washington Navel orange. Proc. Intl. Soc. Citricult. 1: 186-190.

MARANO, R.P.; LEAL, D.; FOLEGATTI, M., 2011. Arroz irrigado por inundación continua en Brasil. Una propuesta innovadora de manejo. Programa de doctorado en riego y drenaje. Escuela superior de agricultura "Luiz de Queiroz". USP. Brasil.

MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B., 2010. Estudio de la absorción y translocación del nitrógeno en cítricos en función del aporte estacional del abono nitrogenado, mediante la técnica de dilución isotópica. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia. España. 276pp.

MARTÍNEZ-FUENTES, A., 2010. El tiempo de permanencia del fruto en el árbol y su relación con la floración en los cítricos. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia. España. 138pp. [http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8859/tesis_UPV3384.pdf?sequence=1] (Consultado: 16/06/2011).

MATTOS, D.; GRAETZ, D. A.; ALVA, A. K., 2003. Biomass distribution and nitrogen-15 partitioning in citrus trees on a sandy entisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 555–563.

MELGAR, R.; ZURITA, M.D., 2008. Fertilización de citrus. Cap. 6. En: Fertilización de Cultivos y Pasturas. 2ª Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires: p.511-526.

MELGAR, R.J.; BANFI, G.; RODRIGUEZ, D.; PIAGGIO, D.; COSTA, W.; ESCOBAR, E.H.; RODRIGUEZ, V.; MOUSQUES, J.A., 1992. Manual de manejo y fertilización de citrus. Editado por Melgar, R.J.; ROCO, S. EEA INTA Corrientes. 80pp.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J., 1978. Farm irrigation system valuation. A guide for management, Utah. State University. USA. 235pp.

MICHELOUD, N.G.; PILATTI, R.A.; BUYATTI, M.A.; GARIGLIO, N.F., 2012. Variación entre años en el requerimiento de sumas térmicas en diferentes variedades de cítricos en la zona central de Santa Fe. XXXV Congreso Argentino de Horticultura. Libro de resúmenes: 275.

MOLINA, N., 2007. La citricultura Correntina: Diagnóstico actual, empleo e inserción internacional. Publicación de la EEA INTA Bella Vista. Serie Técnica 19: 45 pp.

MOLINA, N.; LOMBARDO, E.; MONTEROS SOLITO, R., 2011. Situación de la campaña cítrica 2010 en la provincia de Corrientes. Hoja de divulgación 36:16pp.

MONTAÑA, C.; CAROT, M.; QUIÑONES, A.; MARTÍNEZ-ALCANTARA, B.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F., 2005. Riego deficitario en goteo superficial y subterráneo. Vida rural. Dossier cítrico: 40-44.

MORGAN, K.T.; OBREZA, T.A.; SCHOLBERG, J.M.S.; PARSONS, L.R.; WHEATON T.A., 2006. Citrus Water Uptake Dynamics on a Sandy Florida Entisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 90–97.

MORGAN, K.T., WHEATON, T.A., CASTLE, W.S., PARSONS, L.R., 2009. Response of young and maturing citrus trees grown on a sandy soil to irrigation scheduling, nitrogen fertilizer rate, and nitrogen application method. *Hort. Sci.* 44(1): 145-150. [<http://hortsci.ashspublications.org/content/44/1/145.full.pdf+html>] (Consultado: 25/04/2011).

MORGAN, K.T.; OBREZA, T.A., 2011. Irrigation management to improved nutrient uptake. En: OBREZA, T.A.; MORGAN, K.T. (eds.). Nutrition of Florida citrus trees. 2nd Edición. UF-IFAS SL 253. Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service. 96pp.

MOSS, G.; STEER, B.; KRIEDEMANN, P., 1972. The regulatory role of inflorescence leaves in fruit setting by sweet oranges (*Citrus sinensis*). *Physiol. Plant.* 27: 432-438.

MOSS, G.I., 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck . J. Hort. Sci. 44: 311-320.

OBREZA, T.A.; MONGI, Z.; FUCHT, S.M., 2011a. General soil fertility and citrus tree nutrition. En: OBREZA, T.A.; MORGAN, K.T. (eds.). Nutrition of Florida citrus trees. 2nd Edición. UF-IFAS SL 253. Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service. 96pp.

OBREZA, T.A.; MORGAN, K.T.; ALBRIGO-GENE, L.; BOMAN, B.J., 2011b. Recommended fertilizer rates and timing. En: OBREZA, T.A.; MORGAN, K.T. (editors). Nutrition of Florida citrus trees. 2nd Edición. UF-IFAS SL 253. Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service. 96pp.

PARAMASIVAM, S; ALVA, A.K.; FARES, A., 2000. An evaluation of soil water status using tensiometers in a sandy soil profile under citrus production. . Soil Sci. Volume 165: 343-353.

PASCALE, A.J.; DAMARIO, E.A., 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. 1^a Edición. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Buenos Aires: 550p.

PEREZ, M.; JIMENEZ, A., 2009. Crecimiento y abscisión del fruto de naranja valencia en un huerto del estado de Portuguesa, Venezuela. Biagro 21(2): 133-137.

PEREZ-PEREZ, J.G.; ROBLES, J.M.; BOTIA, P., 2009. Influence of deficit irrigation in phase III of fruit growth on fruit quality in 'lane late' sweet orange. Agric. W. Man. 96: 969–974.

PRADO, S.A.K.; MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; MACHADO, D.F.; MAZZAFERA, P., 2007. Florescimento e frutificação em laranjeiras 'valência' com diferentes cargas de frutos e submetidas ou não à irrigação. Bragantia Campinas 66(2):173-182.

PRIMO MILLO, E., 1985. Factores que determinan el cuajado de los frutos cítricos. *Levante Agrícola* 259-260: 91-99.

PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ-PAREDES, F., 1983a. Fertilización N-P-K en agrios. *Levante Agrícola* 245: 39-59.

PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ-PAREDES, F., 1983b. Fertilización N-P-K en agrios. *Levante Agrícola* 246: 104-117.

QUIÑONES, A., BAÑULS, E., PRIMO-MILLO, E., LEGAZ, F., 2005. Recovery of the ¹⁵N-labelled fertiliser in citrus trees in relation with timing of application and irrigation system. *Plant Soil*. 268: 367-376. [<http://www.springerlink.com/content/j87555712136953t/fulltext.pdf>] (Consultado: 25/04/2011).

QUIÑONES, A.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; LEGAZ, F., 2007. Influence of irrigation system and fertilization management on seasonal distribution of N in the soil profile and on N-uptake by citrus trees. *Agric. Ecos. Env.* 122: 399-409.

REBOLEDO ROA, A., 2012. Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos. En: Luis Fernando Garcés Giraldo (editor). *Citrus: cultivo, poscosecha e industrialización*. 1ª Edición. Editorial Corporación Universitaria Lasallista: 367pp <http://hdl.handle.net/10567/557> (Consultado: 20/09/2012).

REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) N°543/2011 DE LA COMISIÓN., 2011. Reglamento (CE) n° 1234/2007 del Consejo en los sectores de las frutas y hortalizas y de las frutas y hortalizas transformadas: 157pp.

REUTHER, W., 1973. Climate and citrus behavior. En: *The citrus industry*, Vol. III, W. Reuther (Ed.), Univ. California, Div. Agricultural Science, Berkeley, USA: 280-337.

RICHARDS, I., 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Sci.* 66: 105-110.

RIVADENEIRA, M.F., 2012. Grados días acumulados en naranjas y mandarinas sobre pie trifolio en la zona de Concordia (Entre Ríos). XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Horti. Argentina 31(74): 24.

RODRIGUEZ, D.S., 1972. Importancia de la citricultura Correntina. Informe especial INTA-EEA Bella Vista: 1-6.

RODRIGUEZ-GAMIR, J.; PRIMO-MILLO, E.; FORNER J.B.; FORNER-GINER, M.A., 2010. Citrus rootstock responses to water stress. Sci. Hort. 126: 95–102.

ROGERS, J.S.; ALLEN, L.H.; CALVERT, D.V., 1983. Evapotranspiration from a developing citrus grove in a humid climate. Trans. ASAE 26: 1778–1783.

SAGPyA, Res.56/08, 2008. Programación de certificación de fruta fresca cítrica para exportación a la Unión Europea.

SAGPyA, Resolución 145/83, 2004. Calidad y regulación de cítricos. Resolución ex SAG N° 449/85, Resolución ex SAGyP N° 217/86, Disposición N° 4/87, Resolución ex SAGyP N° 251/90, Resolución SAGPyA N° 48/98: 32pp.

SMAJSTRLA, A.G.; KOO, R.C.J., 1984. Effects of trickle irrigation methods and amounts of water applied on citrus yields. Proc. Fla. State Hort. Soc. 97: 3-7.

SMAJSTRLA, A.G.; KOO, R.C.J., 1986. Use of tensiometers for scheduling of citrus trickle irrigation. Proc. Fla. State Hort. Soc. 99: 51-56.

SOUTHWICK, S.M.; DAVENPORT, T.L., 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. Plant Physiol. 81: 26-29.

TAHIR RASHID, M.; SALIM, M., 1989. Consumptive use of water for citrus. Pakistan J. Agric. Res. 10(3): 248-252.

TAIARIOL, D.R.; LEZCANO, J.A.; BELTRÁN, V.M.; ZUBRZYCKI, H.M., 2009. Índices de cosecha de naranjas tardías para consumo en fresco, exportación e industrialización en lotes de colección en la EEA INTA Bella Vista, Corrientes. XXXII Congreso Argentino de Horticultura. Horticultura Argentina 28(67): 118.

TAIARIOL, D.R.; LEZCANO, J.A.; BELTRÁN, V.M.; TORRES, D.; CARDOZO, G.D., 2010. Fenología en naranjas tardías en lotes de colección de la EEA INTA Bella Vista, Corrientes. XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Horti. Argentina 29(70): 94.

TALÓN, M., 1997. Regulación del cuajado del fruto en Cítricos: Evidencias y Conceptos. Levante Agrícola 338: 27-37.

TALÓN, M.; MEHOUACHI, J.; MOLTALVÁN, J.; TUDELA, E.; VILLALBA, D., 1999. Factores que afectan a la abscisión y cuajado de los frutos de los cítricos. Levante Agrícola 346: 5-13.

TONET, R.M.; LEITE, I.C.; SANCHES-STUCHI, E.; RUIZ-SANCHES, F., 2002. Florescimento e frutificação da laranjeira pêra' em bebedouro (SP). LARANJA, Cordeirópolis 23(1): 167-182.

TREEBY, M.T.; HENRIOD, R.E.; BEVINGTON K.B., MILNE, D.J.; STOREY, R., 2007. Irrigation management and rootstock effects on Navel orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit quality. Agric. Water Manag. 91: 24-32.

VALIENTE, J.L.; ALBRIGO, L.G., 2000. Modeling flowering date of sweet orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck trees in Central Florida based on historical weather records. Proceedings of the International Society Citriculture IX Congr. 1: 186-190.

VALIENTE, J.L.; ALBRIGO, L.G., 2004. Flower bud induction of sweet orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): effect of low temperatures, crop load, and bud age. J. Am. Soci. Hort. Sci. 129(2): 158-164.

VAN GENUCHTEN, M. Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.

VILLAS BÔAS, R.L.; MORAES, M.H.; ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C.; CAMARGO, D. A.; DUENHAS, L.H., 2002. Teores de nutrientes na folha, qualidade do suco e massa seca de raízes de laranja-“valência” em função da irrigação e fertirrigação. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP 24(1): 231-235.

WAGNER, M.; LABOREM, G.; MARÍN, C.; MEDINA, G.; RANGEL, L., 2002. Efecto de diferentes patrones de cítricas e intervalos de riego sobre la calidad y producción de la naranja Valencia. Biagro 14 (2): 71-76.

ZERMEÑO-GONZALEZ, A.; GARCIA-DELGADO, M.; CASTRO-MEZA, B.; RODRIGUEZ-RODRIGUEZ, H., 2007. Tensión de humedad del suelo y rendimiento de fruto en limón Italiano. Rev. Fitotec. Mex. 30(3): 295-303.

7. ANEXOS.

Tabla 12. Datos de contenido de agua en el suelo (θ) a diferentes tensiones obtenidas con ollas de presión.

Presión(kPa)	Valores de $\theta(\text{gr.gr}^{-1})$							
	a1	a1	a1	a1	a0	a0	a0	a0
30	10,0	14,8	13,1	11,6	11,4	13,2	10,6	13,2
500	2,5	3,7	3,2	2,7	2,7	4,1	3,1	4,3
1500	2,2	2,8	3,2	2,5	2,1	3,4	2,7	4,2

Tabla 13. Datos diarios en Ra0 de evapotranspiración (ET0), evapotranspiración de cultivo (ETc), precipitación total (Pt), precipitación efectiva (Pe), fertirriego (FR), riego, lámina de agua remanente (LAR), necesidad de riego neta y exceso en mm. Tiempo de riego (Tr) en h. Durante la campaña 2010-2011.

Mes	Día	ET0 (mm d ⁻¹)	Kc	ETc (mm d ⁻¹)	Pt (mm)	FR (mm)	Riego (mm)	Pe (mm)	LAR (mm)	NRn_acum (mm)	Tr (h)	Exceso (mm)	
octubre	1	4	0,7	2,8					48,77	2,8	6,4		
	2	3,5	0,7	2,5		2,2			48,52	3,05	7,0		
	3	3	0,7	2,1					46,42	5,15	11,8		
	4	3,9	0,7	2,7					43,69	7,88	18,0		
	5	4,2	0,7	2,9					40,75	10,82	24,8		
	6	3	0,7	2,1	11,8			11,8	50,45	1,12	2,6		
	7	3,7	0,7	2,6				0,0	48,98	3,71	8,5		
	8	4	0,7	2,8			2,2		0,0	48,38	4,31	9,9	
	9	4,3	0,7	3,0					0,0	45,37	7,32	16,7	
	10	4,2	0,7	2,9					0,0	42,43	10,26	23,5	
	11	4,1	0,7	2,9					0,0	39,56	13,13	30,0	
	12	4,6	0,7	3,2					0,0	36,34	16,35	37,4	
	13	2,5	0,7	1,8	16				16,0	50,59	2,1	4,8	
	14	2	0,7	1,4					0,0	50,17	3,5	8,0	
	15	4,4	0,7	3,1			2,2		0,0	49,29	4,38	10,0	
	16	3,7	0,7	2,6					0,0	46,7	6,97	15,9	
	17	2,7	0,7	1,9					0,0	44,81	8,86	20,3	
	18	4	0,7	2,8					0,0	42,01	11,66	26,7	
	19	4,5	0,7	3,2					0,0	38,86	14,81	33,9	
	20	4,7	0,7	3,3					0,0	35,57	18,1	41,4	
	21	5,1	0,7	3,6					0,0	32	21,67	49,6	
	22	3,9	0,7	2,7			2,2		0,0	31,47	22,2	50,8	
	23	4,5	0,7	3,2					0,0	41,52	12,15	27,8	
	24	4,4	0,7	3,1					0,0	51,64	2,03	4,6	
	25	4,8	0,7	3,4				11	0,0	48,28	5,39	12,3	
	26	4,7	0,7	3,3				13,2	0,0	44,99	8,68	19,9	
	27	4,9	0,7	3,4				2,8	0,0	41,56	12,11	27,7	
	28	5,2	0,7	3,6					0,0	37,92	15,75	36,0	
	29	3,9	0,7	2,7	20	2,2			14,2	57,39	0	0,0	5,82
	30	4,6	0,7	3,2					0,0	48,35	3,22	7,4	
	31	4,6	0,7	3,2					0,0	45,13	6,44	14,7	
Total				588,42	859,8	55	239					582,09	

Tabla 14. Datos diarios en Ra1 de evapotranspiración (ET0), evapotranspiración de cultivo (ETc), precipitación total (Pt), precipitación efectiva (Pe), fertirriego (FR), riego, lámina de agua remanente (LAR), necesidad de riego neta y exceso en mm. Tiempo de riego (Tr) en h. Durante la campaña 2010-2011.

Mes	Día	ET0 (mm d ⁻¹)	Kc	ETc (mm d ⁻¹)	Pt (mm)	FR (mm)	Riego (mm)	Pe (mm)	LAR (mm)	NRn_acum (mm)	Tr (h)	Exceso (mm)
octubre	1	4	0,7	2,8					48,77	2,8	6,4	
	2	3,5	0,7	2,5		2,2			48,52	3,05	7,0	
	3	3	0,7	2,1					46,42	5,15	11,8	
	4	3,9	0,7	2,7		2,2			45,89	5,68	13,0	
	5	4,2	0,7	2,9					42,95	8,62	19,7	
	6	3	0,7	2,1	11,8	2,2		8,52	54,85	0	0,0	3,28
	7	3,7	0,7	2,6				0	48,98	2,59	5,9	
	8	4	0,7	2,8		2,2		0	48,38	3,19	7,3	
	9	4,3	0,7	3,0				0	45,37	6,2	14,2	
	10	4,2	0,7	2,9				0	42,43	9,14	20,9	
	11	4,1	0,7	2,9		2,2		0	41,76	9,81	22,4	
	12	4,6	0,7	3,2				0	38,54	13,03	29,8	
	13	2,5	0,7	1,8	16	2,2		12,58	54,99	0	0,0	3,42
	14	2	0,7	1,4				0	50,17	1,4	3,2	
	15	4,4	0,7	3,1		2,2		0	49,29	2,28	5,2	
	16	3,7	0,7	2,6				0	46,7	4,87	11,1	
	17	2,7	0,7	1,9				0	44,81	6,76	15,5	
	18	4	0,7	2,8		2,2		0	44,21	7,36	16,8	
	19	4,5	0,7	3,2				0	41,06	10,51	24,0	
	20	4,7	0,7	3,3		2,2		0	39,97	11,6	26,5	
	21	5,1	0,7	3,6				0	36,4	15,17	34,7	
	22	3,9	0,7	2,7		2,2		0	35,87	15,7	35,9	
	23	4,5	0,7	3,2				0	32,72	18,85	43,1	
	24	4,4	0,7	3,1				0	29,64	21,93	50,2	
	25	4,8	0,7	3,4		2,2	11	0	39,48	12,09	27,7	
	26	4,7	0,7	3,3			13,2	0	49,39	2,18	5,0	
	27	4,9	0,7	3,4		2,2	2,8	0	50,96	0,61	1,4	
	28	5,2	0,7	3,6				0	47,32	4,25	9,7	
	29	3,9	0,7	2,7	20	2,2		4,78	66,79	0	0,0	15,22
	30	4,6	0,7	3,2				0	48,35	3,22	7,4	
	31	4,6	0,7	3,2				0	45,13	6,44	14,7	
Total				588,42	859,8	171,6	152,4	260,4	8518	1469	3360	599,52

Tabla 15. Planilla modelo (Marano et al., 2011) para el balance hídrico diario, durante la campaña 2010-2011.

Fecha	Día	Estadio Fenológico	Precipitación	P. considerada	ETO	Kc	ETc	Zi	DRAc	Riego (mm)	DRA Suelo (mm)		Perdidas	Pe
											DRAi	DRAf		
			mm		mm día-1		mm día-1	cm	mm			mm	mm	
01-oct-10	1	1	0	0	4	0,7	2,8	45	43,68			43,7	40,9	0
02-oct-10	2	1	0	0	3,5	0,7	2,5	45	43,68	2,2		43,08	40,63	0
03-oct-10	3	1	0	0	3	0,7	2,1	45	43,68	0		40,63	38,53	0
04-oct-10	4	1	0	0	3,9	0,7	2,7	45	43,68	2,2		40,73	38	0
05-oct-10	5	1	3	0	4,2	0,7	2,9	45	43,68	0		38	35,06	3
06-oct-10	6	1	11,8	11,8	3	0,7	2,1	45	43,68	2,2		37,26	43,68	3,28
07-oct-10	7	1	0	0	3,7	0,7	2,6	45	43,68	0		43,68	41,09	0
08-oct-10	8	1	0	0	4	0,7	2,8	45	43,68	2,2		43,29	40,49	0
09-oct-10	9	1	0	0	4,3	0,7	3	45	43,68	0		40,49	37,48	0
10-oct-10	10	1	0	0	4,2	0,7	2,9	45	43,68	0		37,48	34,54	0
11-oct-10	11	1	0	0	4,1	0,7	2,9	45	43,68	2,2		36,74	33,87	0
12-oct-10	12	1	1,5	0	4,6	0,7	3,2	45	43,68	0		33,87	30,65	1,5
13-oct-10	13	1	16	16	2,5	0,7	1,8	45	43,68	2,2		32,85	43,68	3,42
14-oct-10	14	1	0	0	2	0,7	1,4	45	43,68	0		43,68	42,28	0
15-oct-10	15	1	0	0	4,4	0,7	3,1	45	43,68	2,2		44,48	41,4	0
16-oct-10	16	1	0	0	3,7	0,7	2,6	45	43,68	0		41,4	38,81	0
17-oct-10	17	1	0	0	2,7	0,7	1,9	45	43,68	0		38,81	36,92	0
18-oct-10	18	1	0	0	4	0,7	2,8	45	43,68	2,2		39,12	36,32	0
19-oct-10	19	1	0	0	4,5	0,7	3,2	45	43,68	0		36,32	33,17	0
20-oct-10	20	1	0	0	4,7	0,7	3,3	45	43,68	2,2		35,37	32,08	0
21-oct-10	21	1	0	0	5,1	0,7	3,6	45	43,68	0		32,08	28,51	0
22-oct-10	22	1	0	0	3,9	0,7	2,7	45	43,68	2,2		30,71	27,98	0
23-oct-10	23	1	0	0	4,5	0,7	3,2	45	43,68	0		27,98	24,83	0
24-oct-10	24	1	4	0	4,4	0,7	3,1	45	43,68	0		24,83	21,75	4
25-oct-10	25	1	0	0	4,8	0,7	3,4	45	43,68	21		42,75	39,39	0
26-oct-10	26	1	0	0	4,7	0,7	3,3	45	43,68	0		39,39	36,1	0
27-oct-10	27	1	0	0	4,9	0,7	3,4	45	43,68	2,2		38,3	34,87	0
28-oct-10	28	1	0	0	5,2	0,7	3,6	45	43,68	0		34,87	31,23	0
29-oct-10	29	1	20	20	3,9	0,7	2,7	45	43,68	2,2		33,43	43,68	7,02
30-oct-10	30	1	0	0	4,6	0,7	3,2	45	43,68	0		43,68	40,46	0
31-oct-10	31	1	0	0	4,6	0,7	3,2	45	43,68	0		40,46	37,24	0
Total campaña			883,3	859,8			588,42			311,2			613,57	269,73