



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

MAESTRÍA EN CULTIVOS INTENSIVOS

**COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO - REPRODUCTIVO DE
VARIEDADES DE CÍTRICOS EN LA ZONA CENTRO DE LA
PROVINCIA DE SANTA FE**

Alumna: Norma Guadalupe Micheloud

Director: Rubén Pilatti (UNL)

Co-director: Carlos Pimentel (UFRRJ)

Esperanza, noviembre de 2012



*Sobre toda cosa guardada,
guarda tu corazón,
porque de él mana la vida.*

Proverbios 4,23

Dedico esta tesis
a mi esposo Luciano,
a mis padres Luis y Zunilda
y a mis hermanos Marcelo y María Elena.



AGRADECIMIENTOS

A mi profesor y director Rubén Pilatti, por todas las oportunidades que me ofreció en el inicio de mi carrera profesional, y al profesor Carlos Pimentel por sus enseñanzas sobre la investigación y en especial sobre este trabajo de tesis.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, por permitir un espacio para superarnos día a día, a favor de una mejor formación académica, profesional y humana.

Al grupo de profesores e investigadores de las asignaturas Fisiología Vegetal y Cultivos Intensivos, que son los mejores compañeros de trabajo, Marcela Buyatti, Norberto Gariglio, Marcela Weber, Carlos Bouzo, Damián Castro, Juan Carlos Favaro, por ayudarme en mi formación como docente, investigadora y extensionista.

A los alumnos, por la ayuda en la recopilación de los datos a campo.

A mi esposo y a mi familia por el apoyo en mi realización como profesional.

A todos los que no se encuentran en esta lista y que colaboraron directa o indirectamente en la realización de esta tesis.



ÍNDICE



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. JUSTIFICACIÓN.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	5
2.1. Importancia del cultivo de los cítricos.....	5
2.2. Origen y taxonomía de los cítricos.....	7
2.3. Variedades presentes en la región central de Santa Fe.....	8
2.3.1. Naranjos (<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck).....	9
2.3.2. Mandarinos (<i>Citrus sp.</i>).....	11
2.4. Ciclo vegetativo y reproductivo.....	13
2.4.1. Fenología.....	13
2.4.2. Crecimiento y desarrollo.....	14
2.4.3. Ciclo de crecimiento y desarrollo anual.....	16
2.4.4. Inducción floral.....	18
2.4.4.1 Factores que afectan la inducción floral.....	19
2.4.5. Floración.....	22
2.4.5.1. Técnicas para el control de la floración.....	23
2.4.6. Establecimiento de frutos.....	24
2.4.6.1. Factores que afectan al establecimiento de frutos.....	24
2.4.6.2 Técnicas para la mejora del cuajado de frutos.....	26
2.4.7. Desarrollo del fruto.....	28



2.4.7.1. Crecimiento y desarrollo del fruto.....	28
2.4.7.2. Maduración del fruto.....	29
3. OBJETIVOS.....	33
3.1. Objetivo general.....	34
3.2. Objetivos específicos.....	34
4. METODOLOGÍA.....	35
4.1. Descripción agroecológica.....	36
4.2. Caracterización ambiental de los ciclos productivos.....	38
4.3. Generalidades de la experiencia.....	39
4.4. Observaciones realizadas durante el ciclo del cultivo.....	40
4.4.1. Fenología.....	40
4.4.2. Caracterización de la brotación primaveral e intensidad de floración.....	43
4.4.3. Establecimiento, abscisión y tasa de crecimiento de frutos.....	44
4.4.4. Calidad de frutos.....	45
4.5. Análisis del efecto de los factores ambientales sobre los componentes del rendimiento...45	
4.6. Evaluación de prácticas culturales.....	46
4.7. Diseño Experimental.....	47
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
5.1. Condiciones ambientales.....	50
5.2. Fenología.....	54
5.2.1. Requerimientos térmicos.....	57
5.3. Caracterización de la brotación primaveral e intensidad de floración.....	60
5.3.1. Inducción floral.....	60
5.3.2. Intensidad de floración.....	62
5.3.3. Tipos de brotes según las variedades.....	63
5.3.4. Relaciones entre la intensidad de floración y los tipos de brotes.....	65
5.4. Establecimiento, abscisión y tasa de crecimiento de frutos.....	67



5.4.1. Características ambientales durante el período de cuajado de frutos.....	67
5.4.2. Dinámica de la abscisión de estructuras reproductivas.....	69
5.4.3. Establecimiento de frutos.....	76
5.4.4. Número de frutos por planta.....	80
5.4.5. Crecimiento de frutos.....	82
5.4.6. Calidad de frutos.....	85
5.4.7. Rendimiento.....	87
5.5. Efecto de prácticas culturales sobre el comportamiento fenológico-reproductivo de naranjas de ombligo cv. <i>Lane late</i>	89
6) CONCLUSIONES.....	97
7) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
8) ANEXO.....	112



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de temperaturas y precipitaciones mensuales de Esperanza (Santa Fe).....	37
Tabla 2. Escala de registros fenológicos en Cítricos. Brotación y Floración.....	42
Tabla 3. Fecha media de ocurrencia de los estados fenológicos de brotación de variedades de cítricos cultivadas en la región central de Santa Fe.....	55
Tabla 4. Fecha media de ocurrencia de los estados fenológicos de floración de variedades de cítricos cultivadas en la región central de Santa Fe.....	55
Tabla 5. Fecha media de inicio de cosecha en variedades de naranjas, mandarinas e híbridos, cultivadas en la región central de Santa Fe.....	56
Tabla 6. Grados días de crecimiento (GDD y GDDA) en °C, requeridos para completar las etapas fenológicas de brotación, de variedades de cítricos, cultivadas en la región central de Santa Fe.....	58
Tabla 7. Grados días de crecimiento (GDD y GDDA) en °C, requeridos para completar las etapas fenológicas de floración, de variedades de cítricos, cultivadas en la región central de Santa Fe.....	58
Tabla 8. Requerimientos de GDDA en °C, para el inicio de cosecha en variedades de naranjas, mandarinas e híbridos, cultivadas en la región central de Santa Fe.....	59
Tabla 9. Condiciones ambientales inductivas del período de reposo invernal durante los años evaluados.....	61
Tabla 10. Intensidad de floración en función de las variedades y años evaluados.....	62
Tabla 11. Tipos de brotes según variedades y años.....	64
Tabla 12. Características ambientales correspondientes al período floración-cuajado de frutos del año 2008.....	68
Tabla 13. Características ambientales correspondientes al período floración-cuajado de	68



frutos del año 2009.....	
Tabla 14. Características ambientales correspondientes al período floración-cuajado de frutos del año 2010.....	68
Tabla 15. Establecimiento de frutos (valores porcentuales).....	77
Tabla 16. Parámetros medios y desvío estándar, de calidad externa e interna de frutos, de variedades de cítricos en la región central de Santa Fe (período 2008-2010).....	86
Tabla 17. Rendimiento estimado (kg/planta).....	87
Tabla 18. Fecha media de los estados fenológicos del cv. <i>Lane late</i> , correspondiente al ciclo productivo 2010/11 en función de los tratamientos de giberelina, poda invernal y el control.....	89
Tabla 19. Componentes del rendimiento en la variedad <i>Lane late</i> en el ciclo productivo 2010-11 en la región central de Santa Fe, según los tratamientos aplicados.....	96



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados Fenológicos de Cítricos – Brotación y Floración.....	41
Figura 2: Temperatura mensual máxima, media y mínima registradas en la localidad de Esperanza (Santa Fe) (período 2008-2011).....	51
Figura 3: Precipitación (Pp), evapotranspiración real (ETR) y evapotranspiración potencial (ETP) del período 2008-2011, en la localidad de Esperanza (Santa Fe).....	52
Figura 4: Regímenes de temperatura media mensual y precipitación media mensual de Esperanza, San Pedro, Concordia y Reconquista.....	53
Figura 5: Relación entre la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y el porcentaje de ramos mixtos.....	66
Figura 6: Relación entre la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y el porcentaje de ramilletes florales.....	66
Figura 7: Relación entre la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y el porcentaje de brotes vegetativos.....	66
Figura 8: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Clemenules</i>	70
Figura 9: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Satsuma</i>	71
Figura 10: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Ellendale</i>	71
Figura 11: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Washington navel</i>	72
Figura 12: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Lane late</i>	73



Figura 13: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Salustiana</i>	74
Figura 14: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Valencia late</i> ..	74
Figura 15: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Midknight</i>	75
Figura 16: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad <i>Delta seedless</i>	76
Figura 17: Porcentaje de cuajado final de frutos en función de la intensidad de floración.....	78
Figura 18: Porcentaje de cuajado de frutos en función de la intensidad de floración (flores cada 100 nudos en las variedades <i>Washington navel</i> (a), <i>Lane late</i> (b), <i>Midknight</i> (c), <i>Salustiana</i> (d), <i>Clemenules</i> (e) y <i>Valencia late</i> (f).....	79
Figura 19: Número de frutos por planta de las variedades de cítricos cultivadas en la región central de Santa Fe durante los ciclos productivos 2008/9, 2009/10 y 2010/11....	81
Figura 20. Relación entre intensidad de floración y número de frutos por planta en <i>Washington navel</i> y <i>Lane late</i> (a) y en <i>Salustiana</i> (b).....	82
Figura 21. Curvas de crecimiento de frutos (diámetro ecuatorial en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de las variedades de naranjas ‘navel’: <i>Washington navel</i> y <i>Lane late</i>	83
Figura 22. Curvas de crecimiento de frutos (diámetro ecuatorial en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de las variedades de naranjas blancas: <i>Salustiana</i> , <i>Delta seedless</i> , <i>Valencia late</i> y <i>Midknight</i>	83
Figura 23. Curvas de crecimiento de frutos (diámetro ecuatorial en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de las variedades de mandarinas e híbridos: <i>Satsuma</i> , <i>Clemenules</i> y <i>Ellendale</i>	84



Figura 24: Relación entre el rendimiento (kg/planta) y el n° de frutos por planta.....	88
Figura 25. Proporción de los distintos brotes según el tratamiento (Control, Poda invernal y GA invernal) en <i>Lane late</i> , durante la brotación primaveral del año 2010.....	90
Figura 26. Intensidad de floración (flores/100 nudos) según el tratamiento (Control, Poda invernal y GA invernal) en <i>Lane late</i>	91
Figura 27. Porcentaje de cuajado de frutos en <i>Lane late</i> , según el efecto de diferentes tratamientos.....	92
Figura 28. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos (en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de <i>Lane late</i> en función de los tratamientos: poda invernal (P inv), poda de primavera (P prim) y control.....	94
Figura 29. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos (en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de <i>Lane late</i> en función de los tratamientos: giberelina a caída de pétalos (GA cp), rayado (R), combinación de ambas (GA cp + R) y control.....	94
Figura 30. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos (en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de <i>Lane late</i> en función de los tratamientos: aplicación de sacarosa (S), aplicación de urea (U), combinación de ambas (S + U) y control.....	95



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos (valores medios mensuales) de los años 2008 al 2011 de la localidad de Esperanza (Santa Fe).....	113
Anexo 2: Cálculos de ETP del período 2008-2011.....	114
Anexo 3: Balance hídrico climatológico del período 2008-2011.....	115
Anexo 4: Comparación climática regional.....	116
Anexo 5: Fecha media de los estados fenológicos vegetativos y reproductivos de la brotación primaveral de los años 2008, 2009 y 2010.....	117
Anexo 6: Fecha media de inicio de cosecha.....	118
Anexo 7: GDD y GDDA para las fases fenológicas vegetativas y reproductivas.....	119
Anexo 8: GDDA para inicio de cosecha.....	122
Anexo 9: Intensidad de floración y caracterización de la brotación.....	123
Anexo 10: Modelo de ajuste de curvas de crecimiento en diámetro de los frutos.....	124



RESUMEN

En la región central de la provincia de Santa Fe resulta interesante generar alternativas de diversificación productiva a través de diferentes cultivos frutales, entre ellos los cítricos. Para que el productor tome la decisión de incorporar esta nueva actividad debe contar con información sobre la adaptación de las variedades a implantar (en producción y calidad de frutas) a las condiciones agroecológicas del lugar y su respuesta a las prácticas culturales.

El objetivo del trabajo fue evaluar, durante tres ciclos productivos, el desarrollo fenológico y reproductivo de doce variedades de cítricos, comprender la relación de los factores ambientales con los componentes del rendimiento. Además, en una variedad seleccionada y durante un ciclo productivo, se evaluó el efecto del momento de poda, el rayado de ramas, la aplicación foliar de giberelinas, sacarosa y urea, sobre el comportamiento reproductivo.

Las variedades no manifestaron diferencias en el comportamiento fenológico pero sí en el reproductivo. Las variedades que resultaron en una mejor adaptación a la región, por su producción y calidad de frutas, fueron *Valencia late*, *Satsuma*, *Clemenules* y *Salustiana*. Se observó un significativo efecto del año sobre el comportamiento fenológico, la intensidad de floración, el establecimiento de frutos y el rendimiento. Las prácticas culturales no resultaron en diferencias con respecto al control en el porcentaje de cuajado de frutos, el tamaño de los frutos, número de frutos por planta y rendimiento, debido a las condiciones ambientales correspondientes al año evaluado.

Palabras claves: variedades, fenología, comportamiento reproductivo, prácticas culturales.



ABSTRACT

To the central region of the province of Santa Fe is interesting to generate alternative diversification across different fruit crops, including citrus. For the grower makes the decision to incorporate this new crops should have information on the adaptation of varieties to growth (in fruit production and quality) to the agroecological conditions of the area and its response to cultural practices.

The objective of this thesis was to evaluate, in three years, the reproductive phenological development of twelve cultivars of citrus, to understand the relationship between environmental factors with yield components. Furthermore, was evaluated in one cultivar during a production cycle, the effect of time of pruning, girdling, foliar application of gibberellins, sucrose and urea on reproductive behavior.

The cultivars showed not differences in phenology but in the reproduction. Those that resulted in a better adaptation to the region, production and fruit quality were *Valencia late*, *Satsuma*, *Salustiana* and *Clemenules*. There was a significant effect of year on the phenology, the intensity of flowering, fruit set and yield. Cultural practices did not result in differences from the control in the percentage of fruit set, fruit size, number of fruits per plant and yield due to environmental conditions for the year evaluated.

Keywords: varieties, phenology, reproductive behavior, cultural practices.



1) JUSTIFICACIÓN



COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO - REPRODUCTIVO DE VARIEDADES DE CÍTRICOS EN LA ZONA CENTRO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

1) JUSTIFICACIÓN

El sector hortícola de la provincia de Santa Fe, luego de la devaluación del año 2002, sufrió una pérdida importante de rentabilidad cuyas consecuencias son notorias en la actualidad, debido a numerosos factores que impactaron negativamente en este sistema, entre ellos la escasa diversificación productiva (Gobierno de Santa Fe, 2008). Por lo tanto, este sector tiene la necesidad de realizar una reestructuración, en la que el desarrollo de cultivos comerciales de frutales y nuevas opciones de cultivos hortícolas y ornamentales surgen como una alternativa. En este sentido, distintos trabajos de investigación llevados a cabo en los últimos años evidencian que las producciones frutícolas, mediante la comercialización regional, permiten lograr un buen ingreso por unidad de superficie (Travadelo *et al.*, 2008; 2009; 2010) y mejoran la sustentabilidad técnica, económica y social de la región. Ésto es posible debido a que existe un área geográfica de 400 km de radio en torno a la ciudad de Santa Fe en la cual no se desarrollan cultivos comerciales de frutales y en la que los cítricos en particular se encuentran pobremente representados (INDEC, 2008; Ceballos-Guzmán, 2009). Sin embargo, aunque estén dadas las condiciones de clima, suelo y agua para riego, que permitirían la producción de cítricos, desarrollar productivamente una zona no es un proceso de cambios repentinos, sino una tarea a largo plazo en materia de investigación, extensión, capacitación de recursos humanos, desarrollo del sistema y evaluación de los posibles canales de comercialización (Perren, 2008; Buyatti *et al.*, 2009; Gariglio, 2010; Pagliaricci *et al.*, 2010).

Para que el productor tome la decisión de incorporar la actividad resulta importante la elección de las variedades a implantar. Para ello se debe tener en cuenta su adaptación a las condiciones agroecológicas del lugar (clima y suelo) y la respuesta que presentan a las distintas prácticas culturales,



para que puedan expresar su potencial en producción y calidad de frutas. Además de las características propias de cada cultivar, los factores ambientales y de manejo influyen sobre la calidad y cantidad de fruta producida, y sobre el momento de cosecha (Sozzi, 2007; Giorgi *et al.*, 2008).

En este contexto, surge la importancia de conocer el comportamiento fenológico-reproductivo de diferentes variedades de naranjas y mandarinas en la región centro de la provincia de Santa Fe, y de comprender la relación entre los factores ambientales y el desarrollo de la brotación, floración, cuajado y crecimiento de los frutos, de modo de identificar si existen limitaciones ambientales para el cultivo. Por último resulta necesario también evaluar el efecto de las distintas prácticas culturales utilizadas para la regulación o control de la floración, la mejora del cuajado de frutos, la producción y calidad de frutas, como ser la aplicación de giberelinas en invierno y a la caída de pétalos, la poda y el rayado de ramas.



2) ***INTRODUCCIÓN***



2) INTRODUCCIÓN

2.1. Importancia del cultivo de los cítricos

A nivel mundial los cítricos son los frutales de mayor producción y comercialización, con cerca de 100 millones de toneladas de producción anuales. Las naranjas representan el 65 % de la producción total mundial; luego las mandarinas con el 19 %, en tercer y cuarto lugar los limones (11 %) y los pomelos (5 %) (Recalde, 2003). Los principales países productores son: China (20.805.600 tn), Brasil (10.773.429 tn) y EEUU (10.772.900 tn). Argentina se ubica en el séptimo lugar, luego de España, México e Italia (FAO, 2010; SAGPyA, 2010).

Actualmente se cultivan en Argentina 136.985 ha, con una producción de 1.300.000 tn de limones, 800.000 tn de naranjas, 400.000 tn de mandarinas y 260.000 tn de pomelos (INDEC, 2008). Existen 400 plantas de selección y empaque y 16 plantas industriales de jugos concentrados. La citricultura genera alrededor de 150.000 puestos de trabajo y su importancia socioeconómica es muy relevante en varias provincias del Noroeste (NOA) y del Litoral (Palacios, 2005). El mercado interno está ampliamente abastecido con frutas cítricas nacionales, destinándose sólo un 39 % de la producción total en fresco, el resto se industrializa o se exporta, favorecido por la contra estación. El principal destino es la Unión Europea que demanda el 54 % de las exportaciones totales de limón, 75 % de naranja, 69 % de mandarina y 74 % de pomelo (SAGPyA, 2010).

En nuestro país las diferentes especies de cítricos se ubican en distintas zonas de producción bien definidas (entre 22° y 35° latitud sur), con una marcada especialización regional:

Región Noroeste (NOA): comprende las zonas productoras de las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y La Rioja. Representa el 43,5 % del total de la superficie



implantada de cítricos, obteniéndose aproximadamente el 62 % de la producción nacional. Las especies más cultivadas son: limón, pomelo y naranja. En Tucumán se encuentra la región productora de limones más significativa del mundo, representa el 87 % de la producción nacional en este cultivo, y posiciona al país en el segundo lugar de exportación de limones, luego de España. Se distingue también Salta como la principal provincia productora de pomelos (Palacios, 2005).

Región Norte: involucra aéreas bien definidas en las provincias de Formosa (1700 ha) y Chaco (650 ha). En esta región el cultivo de pomelo es el que ha tenido mayor adaptación y calidad (SAGPyA, 2010).

Región Noreste (Litoral): incluye a las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos. Se halla implantada con algo más del 51% de la superficie total del país, siendo los cultivos más representativos los de naranjas y mandarinas (INDEC, 2008).

Región Central: corresponde al sector limítrofe entre las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. Presenta como ventaja la cercanía a los grandes mercados consumidores del país (Buenos Aires, Rosario, Santa Fe y Córdoba). La región posee muy buena infraestructura comercial (rutas, autopistas, galpones de empaque). Se ubica en un área de riesgo por heladas que puede comprometer no sólo la calidad de la fruta sino también a la viabilidad de la planta. La superficie destinada a cítricos equivale al 3,7 % del total nacional. Las naranjas ‘navel’ o de ombligo son las predominantes con el 80 % de la producción regional. La calidad de la fruta en esta región es óptima. San Pedro es el centro de producción más importante (Palacios, 2005; Pagliaricci *et al.*, 2010).

La región centro de Santa Fe no se encuentra incluida en la clasificación de las zonas de producción debido a que la citricultura es incipiente. Sin embargo, presenta características climáticas similares a la zona Litoral (principalmente con la provincia de Entre Ríos) por encontrarse a la misma latitud, pero diferentes en cuanto a condiciones edáficas. Por otro lado comparte condiciones edafo-



climáticas con la región Central, aunque está más distanciada que ésta de los principales mercados consumidores.

En la provincia de Santa Fe, según el Censo Nacional Agropecuario del 2002, se registran 1234 ha de frutales, de las cuales 504 ha corresponden a naranjas y mandarinas. De éstas, unas 252 ha están ubicadas en el departamento General Obligado, 121 ha en el departamento Rosario y 69 ha en el departamento San Jerónimo.

2.2. Origen y taxonomía de los cítricos

Las numerosas especies del género *Citrus* son originarias de las regiones tropicales y subtropicales del sudeste de Asia y del archipiélago Malayo, extendiéndose desde la India, norte de China y Nueva Guinea hasta Australia. Desde allí se distribuyeron a otras regiones del mundo donde hoy se cultivan, dentro de la banda delimitada por la línea de 40° de latitud norte y sur (Goldschmidt & Koch, 1996).

Las especies con interés comercial pertenecen al Orden *Rutales*, familia *Rutaceae*, subfamilia *Aurantioideas*. Dentro de esta subfamilia los géneros de utilidad desde el punto de vista agronómico son *Fortunella*, *Poncirus* y *Citrus*. Este último es el más importante, su cultivo abarca la producción de frutos para consumo en fresco y para su transformación en jugo, posee 16 especies, las de mayor difusión son: *C. aurantifolia* (lima mejicana), *C. latifolia* (lima tahití), *C. aurantium* (naranja amarga), *C. grandis* (pummelo), *C. limón* (limón), *C. paradisi* (pomelo), *C. reticulata* (mandarina) y *C. sinensis* (naranja dulce).

Una característica de la subfamilia *Aurantioideas* es que sus géneros hibridan con facilidad y por lo tanto su clasificación es muy dificultosa. Algunos de estos híbridos se denominan *Citranges* (*C. sinensis* x *P. trifoliata*), *Citrumelos* (*C. paradisi* x *P. trifoliata*) y se utilizan como pie de injerto. Otros son *Tangelos*



(*C. reticulata* x *C. paradisi*), *Tangors* (*C. reticulata* x *C. sinensis*) e híbridos de mandarinas y se conocen comercialmente como variedades de mandarinas o naranjas (Agustí, 2003).

Todas las especies de esta subfamilia son árboles o arbustos de hojas simples y perennes, excepto el género *Poncirus* que presenta hojas trifoliadas y caducas (por lo que tiene mayor tolerancia a bajas temperaturas) y posee una sola especie *P. trifoliata*, utilizada como pie de injerto. El tamaño y la forma de los árboles del género *Citrus* es variable desde erecta a globosa o desgarbada. La presencia de espinas en las axilas de las hojas es general, pero diferentes en dureza y tamaño. Las hojas son unifoliadas de tamaño grande (pomelos), mediano (naranjas y limones) o pequeño (mandarinas). Las yemas son mixtas (Davenport, 1990) pudiendo desarrollar brotes vegetativos, de flor solitaria, campanero (vegetativo con flor terminal), inflorescencias con y sin hojas (ramilletes mixto y floral respectivamente). Las flores son hipóginas (de ovario súpero), tienen 5 sépalos verdes, 5 pétalos blancos, 20-40 estambres soldados, con polen no siempre fértil y 3-6 carpelos soldados en el género *Fortunella* y de 8-10 carpelos si se trata del género *Citrus*. El fruto es de forma variable, desde esférica a oval, rodeado por una corteza resistente de color amarillo-verdoso (limones, pomelos y limas) o naranja (naranjas y mandarinas) (Jackson & Looney, 2003). Se clasifican como hesperidios, los cuales son bayas de una organización especial caracterizadas por poseer dos regiones morfológicamente distintas: el pericarpio (cáscara o corteza) y el endocarpio. El pericarpio a su vez está dividido en exocarpo (flavedo) es la parte más externa y de color, y mesocarpo (albedo) es una capa intermedia de piel blanca. El endocarpio caracterizado por una pulpa jugosa que contiene vesículas de jugo dentro de segmentos (lóculos de los ovarios) (Iglesias *et al.*, 2007).

2.3. Variedades presentes en la región central de Santa Fe

Comercialmente, dentro de las cualidades de una buena variedad es que sea de alta producción, no presente vecería (alternancia de producción), los árboles sean de bajo porte, preferentemente sin espinas y de buena afinidad con el pie de injerto utilizado. La calidad de la fruta debe ser tal, que su sabor sea



equilibrado y agridulce, con un alto porcentaje de jugo, sin o con muy pocas semillas, de fácil pelabilidad, resistente a la caída prematura y de doble propósito (mercado fresco e industria) (Palacios, 2005).

En la citricultura provincial predominan las naranjas (78 %) y mandarinas (19 %). Entre las naranjas de ombligo las de mayor difusión son *New hall* y *Lanelate*. Dentro de las naranjas blancas o de jugo, la variedad *Valencia late* es la de mayor proporción. En mandarinas las de mayor frecuencia son *Criolla* y *Ellendale*, seguidas de *Nova*, *Murcott* y *Satsuma Okitsu* (IPEC, 2009).

2.3.1. Naranjos (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)

Las naranjas se clasifican comercialmente en naranjas de ombligo, naranjas blancas o de jugo y naranjas sanguíneas (estas últimas no cultivadas en la región):

Naranjas de ombligo: se las distingue por presentar un segundo verticilo carpelar llamado ombligo ('navel', en inglés) y no presentan semillas, por lo que reciben el nombre de frutos partenocárpicos. Además, contienen limonina, lo que no las hace aptas para la industrialización en jugos (Jackson & Looney, 2003).

New hall: surgió como mutación de *Washington navel* en California. Las plantas desarrollan un porte medio, se adaptan bien a climas cálidos, son productivas y precoces. La fruta es alargada y con respecto a su maduración es la más temprana dentro de las 'navel' (Palacios, 2005).

Navelina: procedente de California. Sus árboles son vigorosos, de porte medio y globoso, presentan hojas grandes. Posee tendencia a la vecería. La maduración de sus frutos es temprana (antes que *Washington navel*) y de buena calidad. Es tolerante a la clorosis férrica y a la asfixia radicular (Agustí, 2003).



Washington navel: se originó en Bahía (Brasil) donde se la conoce como naranja *Bahía*, luego fue introducida en Estados Unidos y allí la denominaron *Washington navel*, por su característica pronunciada de presentar un ombligo en la zona estilar. Fácilmente desarrolla mutaciones por su inestabilidad somática y por eso se encuentra distribuida en el mundo a través de numerosos cultivares derivados de ésta. Se trata de árboles grandes, coposos, con tendencia a ramas abiertas, con hojas de gran tamaño y de color verde oscuro. Posee la tendencia a florecer abundantemente, lo que incide negativamente sobre el cuajado de los frutos, los cuales son de tamaño grande, redondo, de corteza color naranja intenso, gruesa, fácil de pelar, y de recolección temprana a media (Aznar, 1999).

Lanelate: fue originada en Australia por una mutación de *Washington navel*. Presenta ciertos problemas de adaptación a zonas cálidas, de porte más vigoroso que *New hall* y de recolección tardía. El fruto es de tamaño grande, corteza fina, ombligo poco pronunciado y tiene una coloración poco atractiva. Entra precozmente en producción y la fruta puede permanecer en la planta mucho tiempo, lo que resulta en un amplio período de cosecha, anticipándose a *Valencia late* (Aznar, 1999).

Naranjas blancas o de jugo: son importantes por su consumo en fresco y sus posibilidades de industrialización en jugos, por no presentar limonina. Como características del grupo se destaca la ausencia de ombligo en sus frutos, mayor acidez que el grupo de naranjas 'navel' y tendencia natural a la alternancia de cosecha (vecería) (Jackson & Looney, 2003).

Salustiana: se originó en España. Se caracteriza por ser árboles vigorosos de tamaño grande, con tendencia a la formación de ramas verticales. Es una variedad de media estación que puede presentar vecería. Sus frutos son redondos, de buena coloración externa e interna, sin semillas y algo sensibles al frío. La fruta una vez madura puede permanecer en la planta sin perder calidad (Palacios, 2005).



Delta seedless: es una selección mejorada de *Valencia late* originada en Sudáfrica. Se caracteriza por fructificar en el interior de la copa (Agustí, 2003).

Midknight: es cultivada principalmente en California y Sudáfrica. No se la conoce como muy productiva. Presenta fruta de buen calibre comercial (Palacios, 2005).

Valencia late: es la variedad de mayor difusión a nivel mundial (representa el 60 % de las plantaciones de naranjas del mundo), procedente de las Islas Azores. Los árboles son vigorosos y de gran porte, con tendencia a la verticalidad y se adaptan bien a diversos climas y suelos. Es de maduración tardía, entra al mercado cuando el calor se intensifica y aumenta la demanda por frutas cítricas. Los frutos son de excelente calidad organoléptica, con pocas o sin semillas que, si permanecen en la planta durante mucho tiempo, pueden reverdecer (Aznar, 1999).

2.3.2. *Mandarinos (Citrus sp.)*

Se trata de diferentes especies que se caracterizan por producir frutas de tamaño pequeño, con mucho jugo azucarado y aromático que, por tener una cáscara más bien suelta, son de fácil pelado. También se comercializan como mandarinas los híbridos o ‘tangors’ que presentan una piel más adherida a los gajos (Jackson & Looney, 2003).

Satsuma-Okitsu (Citrus unshiu Marcovitch): esta variedad fue obtenida en Japón, presenta árboles de porte medio los cuales son muy productivos, de floración tardía y los frutos son de maduración extra temprana, de tamaño mediano a grande, carecen de semillas (posee polen fértil pero no lo son sus óvulos), tienen baja acidez y cáscara gruesa de fácil pelado. Los frutos en planta son sensibles al golpe de sol (Micheloud *et al.*, 2010) y muy propensos al bufado cuando comienzan a madurar, por lo que se los



cosecha al inicio de la maduración, cuando tienen una coloración de verde oscuro a verde claro (Bouzo *et al.*, 2008). Es la mandarina más tolerante al frío y a la canchrosis asiática (Aznar, 1999).

Clementina-Clemenules (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka): es muy productiva, de árboles grandes y vigorosos. Sus frutos se clasifican entre pequeño y mediano, con muy buena calidad intrínseca y de maduración precoz (Agustí, 2003).

Nova: es un híbrido de mandarina *Clementina* x ‘tangelo’ *Orlando*, obtenido en Florida. Las plantas son de porte medio a pequeño. Produce fruta medianamente grande, muy jugosa con abundantes semillas, que madura entre mayo y junio (Palacios, 2005).

Criolla (*Citrus deliciosa* Tenore): originaria de China. Es de porte mediano, muy productiva pero altamente vecera. La fruta se caracteriza por ser muy aromática, de fácil pelado y con abundantes semillas (Palacios, 2005).

Ellendale: es un ‘tangor’ natural entre naranja y mandarina que fue encontrado en Australia. El árbol es de buen vigor y hábito de crecimiento abierto. Produce tardíamente frutas de buen sabor, mucho jugo y pocas semillas, que pueden permanecer en el árbol sin deterioro porque no tienen tendencia al bufado aunque son sensibles al rajado (Aznar, 1999).

Murcott: es un ‘tangor’ obtenido en Florida, representado por plantas de porte mediano. La fruta es de tamaño medio, de muy buena calidad organoléptica, de cáscara delgada de difícil pelado y madura tardíamente (Palacios, 2005).



2.4. Ciclo vegetativo y reproductivo

2.4.1. Fenología

La fenología trata de las relaciones entre las condiciones atmosféricas (o con el clima) y los fenómenos biológicos periódicos (eventos o etapas, que comúnmente son observados en el desarrollo de los cultivos). Estas etapas se denominan fases fenológicas e incluyen, por ejemplo en frutales: brotación, floración, maduración del fruto, etc. (Lieth, 1974). El período entre dos fases distintas (relativo a la madurez fisiológica), conocido como estado fenológico, se relaciona directamente con los cambios estacionales a los que se encuentran sometidas las plantas (Agustí, 2004), principalmente la temperatura, el fotoperíodo (en el caso de especies sensibles) y el estrés hídrico. Por esta razón un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas, en tiempo y forma, si crece en condiciones climatológicas diferentes a su región de origen (Petri *et al.*, 2008).

Los registros fenológicos proveen las herramientas para la interpretación de zonas climáticas (Gil-Albert Velarde, 1996). Permiten estimar el comportamiento de un cultivo o variedad por la extrapolación del resultado experimental a partir de una región a otra, o predecir cambios en la fenología del árbol en un área dada, causada por la variación de los factores ambientales entre los años. Así, los estudios fenológicos pueden proporcionar los criterios para la selección de genotipos convenientes, ayudando a mejorar la producción y la calidad de la fruta y disminuir el riesgo ambiental (Petri *et al.*, 2008).

Es necesario conocer el momento de ocurrencia de las distintas fases fenológicas para la planificación del cultivo a nivel zonal, ya sea en la predicción de momentos de apariciones de plagas o en la aplicación de técnicas de manejo de cultivo (tratamientos fitosanitarios, podas, fertilizaciones, rayado de ramas, tratamientos hormonales) (Garrán *et al.*, 1993). Además de conocer las respuestas que



presentan los diferentes cultivares en interacción a las modificaciones climáticas y a las prácticas culturales (Gravina, 1999).

En cítricos es fundamental la caracterización de la brotación de primavera, ya que sobre la misma se produce la floración que aporta flores útiles y define, por lo tanto, la producción anual. El clima, la variedad y las prácticas culturales, influyen sobre la proporción de brotes mixtos y campaneros, que son los que permiten un mayor cuajado de los frutos (Lovatt *et al.*, 1988b; Goldschmidt & Koch, 1996).

Para describir con precisión los estados fenológicos del cultivo de cítricos puede utilizarse una metodología basada en la escala BBCH (Federal Biological Research Centre for Agriculture & Forestry), que comprende 10 estados principales (del 0 al 9) los cuales comienzan por la brotación y finalizan con el inicio de la latencia e implican el desarrollo de: yemas, hojas, brote principal y otros brotes, partes vegetativas, flores, floración, frutos, maduración de frutos, senescencia y comienzo del reposo. Los estados principales se dividen en estados secundarios, que también se numeran del 0 al 9, según el porcentaje de desarrollo (Agustí, 2003). Existe una metodología basada en la escala anterior, pero más sencilla, para realizar relevamientos fenológicos a campo, llevada a cabo por el grupo de citricultura del INTA Concordia (Garrán *et al.*, 1993). El desarrollo de la brotación se registra con la letra 'B' y el de la floración con 'F' y a cada uno de estos estados principales se les subdivide asignándoles un número. Esta metodología se encuentra detallada en la Tabla 2.

2.4.2. Crecimiento y desarrollo

Para realizar una comprensión más completa de la fenología del cultivo, es necesario remarcar los conceptos de crecimiento y desarrollo vegetal.



El crecimiento se define como el aumento irreversible del volumen de una célula, tejido, órgano o individuo, acompañado de un aumento de masa. Este fenómeno se produce por una secuencia de tres fases sucesivas: división, expansión y diferenciación celular (Taiz & Zeiger, 2004).

El desarrollo vegetal se define como la sucesión progresiva de etapas que conducen a establecer la morfología propia del organismo adulto, a través de una serie de cambios cualitativos, que se dan en fases fenológicas, y por los cuales pasa un organismo durante su ciclo ontogénico (Andrade *et al.*, 1996).

La disponibilidad de energía y de agua de una región determina su potencial de productividad agrícola. La energía radiante, la temperatura y la humedad afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La duración de las fases del ciclo de desarrollo de los vegetales es condicionada por la temperatura y por el tiempo que ella permanece dentro de límites específicos. Un índice utilizado para estos términos es de 'grados días' (cuántos grados de temperatura ocurren durante un día que efectivamente contribuirían de manera positiva al metabolismo del organismo considerado (Pereira *et al.*, 2002).

El crecimiento y desarrollo de las plantas acontecen dentro de un marco térmico definido (temperaturas cardinales): un nivel mínimo, debajo del cual no hay actividad; un rango óptimo en el cual el crecimiento y desarrollo alcanzan su mayor ritmo; y un nivel máximo sobre el cual cesa la actividad funcional. Estas temperaturas cardinales varían entre las especies, cultivares e incluso entre las fases ontogénicas (Andrade *et al.*, 1996; Taiz & Zeiger, 2004). El rango de temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo de cítricos está entre 23 °C y 34 °C, el máximo valor es 39 °C y el mínimo de 13 °C (Goldschmidt & Koch, 1996; Pimentel *et al.*, 2007). Por ello, la rapidez del desarrollo incrementa más o menos linealmente con la temperatura.



El crecimiento y desarrollo de las plantas puede ser caracterizado por el número de días entre eventos observables, por ejemplo entre floración y establecimiento de frutos. Sin embargo, como las tasas de desarrollo varían con las temperaturas, debido a que este factor interviene en todos los procesos metabólicos y fisiológicos, las unidades de desarrollo deben expresarse en tiempo fisiológico en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo la acumulación de calor medido en términos de °C por día para el crecimiento (GDD). Los GDD (“growing degree days”) o tiempo térmico (TT) pueden ser definidos en términos de grados centígrados sobre una temperatura umbral que necesita una planta para completar una etapa, fase o ciclo ontogénico (Arnold, 1959). Los métodos para el cálculo de los grados-días, difieren en complejidad y están basados en el conocimiento de la curva del comportamiento diario de la temperatura y la comparación con la temperatura base para una determinada fase de desarrollo de la especie (Slafer *et al.*, 2004).

2.4.3. Ciclo de crecimiento y desarrollo anual

En regiones tropicales y subtropicales, de donde es originario el cultivo, desarrolla varios ciclos de brotación y floración durante el año (Ribeiro & Machado, 2007). En climas templados, como lo es en la región central de Santa Fe según Köppen (1931), presenta, con el descenso térmico invernal, un período de reposo para luego brotar y florecer en primavera. Aunque normalmente ocurren tres brotaciones al año, es la de primavera la que aporta flores útiles y determina la producción anual (Goldschmidt & Koch, 1996).

Durante los meses de invierno se almacenan carbohidratos y nitrógeno de reserva (Legaz *et al.*, 1982). En estos meses se diferencian los brotes que darán las nuevas flores y, debido a que la temperatura base de la actividad radicular es de 12 °C (Davenport, 1990; Scholberg *et al.*, 2002), el momento de inicio de la brotación y floración, así como las etapas fenológicas subsiguientes, están condicionadas a que la temperatura de suelo aumente por encima de este umbral. En la región central de Santa Fe, durante los



meses del invierno las temperaturas de suelo son bajas, inferiores a 10 °C, en tanto la temperatura del aire comienza a elevarse (García *et al.*, 2002); a partir de allí las reservas de carbohidratos (Priestly, 1977) y nitrógeno (Klein & Weimbaum, 1984) son movilizadas para soportar el desarrollo vegetativo y la floración (Pilatti *et al.*, 2009b).

Durante la brotación se desarrollan hojas nuevas, lo que resulta en una significativa importación de reservas por éstas, tanto en intensidad y como en duración, lo cual compite con el desarrollo reproductivo. La competencia entre crecimiento vegetativo y reproductivo es influenciada primeramente por factores genéticos y climáticos (principalmente temperatura) (Goldschmidt & Golomb, 1982; Zilkah *et al.*, 1987; Lovatt *et al.*, 1988a), además por el balance hormonal y la reserva de carbohidratos, estos últimos se encuentran relacionados a la carga de frutos de la cosecha previa y al momento de la recolección (Gravina, 1999); de todas maneras las bases fisiológicas aún no son totalmente comprendidas (Wareing & Patrick, 1975; Champlin & Westwood, 1980; Scholefield *et al.*, 1985).

Los *Citrus* son frutales de hoja perenne, con metabolismo C3 y baja tasa fotosintética (4 - 8 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en las mejores condiciones de cultivo) (Sylvertsen & Lloyd, 1994). Temperaturas de 25 °C a 30 °C son óptimas para la actividad fotosintética y superiores a 35 °C la reducen (Pimentel *et al.*, 2007; Ribeiro & Machado, 2007). En condiciones de clima tropical la actividad fotosintética es ininterrumpida durante el año, pero en climas subtropicales y templados las ganancias fotosintéticas durante el invierno pueden ser insignificantes (Goldschmidt & Koch, 1996).

Entre las propiedades de las hojas que limitan la actividad fotosintética se encuentran el espesor, la escasa proporción de espacios intercelulares en el mesófilo y la ubicación abaxial de los estomas. Estas características hacen que la resistencia al ingreso de dióxido de carbono (resistencia del mesófilo y estomática) sea muy elevada (Sylvertsen & Lloyd, 1994).



Las hojas son tolerantes al sombreado, pero las cosechas más elevadas se producen en condiciones de alta intensidad lumínica. A medida que aumenta el sombreado de las hojas, éstas presentan mayor contenido de clorofilas y de superficie foliar, con lo que compensan en parte el déficit lumínico. La disponibilidad hídrica, junto con la humedad relativa (déficit de presión de vapor), determinan la apertura estomática que influye decisivamente en el intercambio de CO₂ y consecuentemente, en la fotosíntesis (Sylvertsen & Lloyd, 1994; Agustí, 2004).

Además de la actividad fotosintética, las hojas de los cítricos actúan como órganos de almacenamiento (Ribeiro & Machado, 2007). Los cambios anuales en los niveles de carbohidratos varían según la demanda ejercida por el desarrollo vegetativo y reproductivo (Goldschmidt & Golomb, 1982). Las hojas comienzan a exportar fotoasimilados una vez que están completamente expandidas, para lo cual son requeridos alrededor de 2 meses (Sylvertsen & Lloyd, 1994). La escasa capacidad fotosintética de las hojas más jóvenes es consecuencia de la inmadurez de sus estomas y de su bajo contenido en nitrógeno (Agustí, 2004). Otros procesos asociados con el desarrollo de la hoja y la maduración, es la acumulación de sacarosa, materia seca, proteínas y minerales (Goldschmidt & Koch, 1996).

En hojas expandidas, el almidón y los azúcares solubles disminuyen durante el verano y otoño como consecuencia de la fuerte demanda que implica el desarrollo del fruto (Santos & Pimentel, 2009). En áreas frías estos azúcares aumentan hacia la mitad del invierno como un ajuste osmótico, causado en parte por la conversión del almidón. Mientras que, hacia el fin del invierno y antes de la brotación, los niveles de almidón aumentan en las hojas viejas (García *et al.*, 1995).

2.4.4. Inducción floral

El proceso de inducción floral es el mecanismo de activación o desrepresión de genes dentro de cada yema que, en interacción con factores ambientales y endógenos, induce a las células meristemáticas a diferenciarse en estructuras reproductivas debido a los cambios químicos endógenos (Davenport, 1990).



En climas templados este proceso normalmente ocurre en el período de reposo invernal y da inicio al período reproductivo (Gil-Albert Velarde, 1996).

Posteriormente a la inducción, ocurren una serie de cambios a nivel proteico, en el ápice meristemático, que se denomina *evocación*, e involucran incrementos en la cantidad de proteínas, y alteraciones en el tamaño de nucléolos, aumentos en el nivel de ARN y de la actividad ribosómica. Estos cambios son seguidos por la *diferenciación floral*, en la cual se produce la manifestación histológica de los primordios florales, además se visualiza un aplastamiento en el meristemo apical de la yema y la presencia de dos protuberancias curvadas a ambos lados de dicho meristemo (rudimentos de los sépalos de la flor) (Krajewsky & Rabe, 1995). Por último, ocurre la *expresión floral*, que implica la aparición visible de las flores (Gil-Albert Velarde, 1996). Ambos procesos, inducción y diferenciación, condicionan la intensidad de floración (Gariglio *et al.*, 2007).

El conocimiento de los factores que afectan en forma directa o indirecta la inducción floral, y por lo tanto el número potencial de flores, permite implementar medidas de manejo que tiendan a optimizar la cantidad de flores formadas, en función del objetivo productivo (Agustí, 2003).

2.4.4.1 Factores que afectan la inducción floral

Ambientales

Las principales variables ambientales consideradas como factores de inducción floral en *Citrus* son las bajas temperaturas y la deficiencia hídrica, en el momento en que las yemas se encuentran en estado de reposo (Iglesias *et al.*, 2007). En condiciones de clima templado el factor determinante de la inducción floral son las temperaturas inferiores a 13 °C (Moss, 1976; Poweranto & Inowe, 1990; García *et al.*, 1992) y en regiones tropicales es el estrés hídrico (dado por el balance hídrico climatológico) (Southwick & Davenport, 1986; Krajewsky & Rabe, 1995; Tamim *et al.*, 1996; Pilatti *et al.*, 2009a). Ambos factores



exógenos son aditivos, además el grado de inducción es proporcional a la duración y severidad del estrés (Lovatt *et al.*, 1988b; Vasconcelos-Ribeiro *et al.*, 2006). Estos factores de inducción floral deben ser de intensidad moderada, cuando son muy severos se los considera perjudiciales para *Citrus* ya que provocan la caída de las hojas, como se observó en experimentos con mandarina *Satsuma* por Koshita & Takahara (2004).

En cuanto al fotoperíodo, se ha demostrado en experimentos con plantas cultivadas y sometidas a fotoperíodos cortos y largos, este factor ambiental es insuficiente por sí mismo para inducir la floración (Davenport, 1990; Sylvertsen & Lloyd, 1994).

Estos factores exógenos por sí solos no definen la inducción ya que existen factores endógenos que intervienen en el proceso y pueden inhibirlo aunque estén dadas las condiciones ambientales, tal situación fue reportada por Gravina *et al.* (2004) en Uruguay, donde observaron que luego de darse las condiciones inductivas de bajas temperaturas durante el invierno, la intensidad de floración se vio afectada negativamente debido al retraso de la cosecha, en plantas de 'tangor' *Ortanique*.

Endógenos

Existen factores vinculados al estado de desarrollo de la planta, tal como la juvenilidad, que hace que ésta no pueda florecer aún en presencia de factores exógenos promotores, hasta haberlo superado. En variedades de cítricos obtenidas de semillas, la juvenilidad puede durar entre cuatro y ocho años, y se caracteriza por un crecimiento vegetativo exponencial con presencia de espinas y un elevado contenido de giberelinas en las yemas (Chouza & Gravina, 2010).

En plantas adultas el proceso de inducción floral está regulado hormonalmente, y son las giberelinas el principal grupo involucrado (Goldschmidt & Monselise, 1972; Harty & Staden, 1988; Krajewsky & Rabe, 1995). Las giberelinas (GA_1 , GA_2 , GA_n) son diterpenoides ácidos derivados del



hidrocarburo diterpenoide tetracíclico T-Kauretano, su transporte es por floema junto a los productos de la fotosíntesis, aunque está presente también en el xilema (Taiz & Zeiger, 2004).

El mecanismo primario de inducción floral es un bajo nivel de giberelinas en la copa. Ésto ocurre al disminuir la síntesis hormonal en las raíces y su transporte a la parte aérea, debido al cese de la actividad radicular, el cual es condicionado por los factores ambientales mencionados anteriormente (Tamim *et al.*, 1996). El efecto inhibitor del ácido giberélico sobre la floración se comprueba al aplicar en forma exógena la hormona o por la presencia del fruto en la planta en el momento de la inducción (debido al contenido hormonal del mismo) en caso de tratarse de una variedad de recolección tardía o por el retraso en la cosecha (Koshita *et al.*, 1999; De Souza Prado *et al.*, 2007).

La carga de frutos tiene un importante rol en la inducción, ya que regula los balances hormonales y la acumulación de reservas. Existe una correlación negativa entre la producción y la siguiente floración, según los resultados de numerosos trabajos, entre ellos podemos mencionar a García *et al.* (1986), Gravina (1999) y De Souza Prado *et al.* (2007).

El contenido foliar de amonio está directamente relacionado con la intensidad de la floración, como se ha observado luego de aplicaciones invernales de urea en forma foliar por Lovatt *et al.* (1988a). Posiblemente la acumulación de amonio en hojas durante condiciones de estrés tendría una intervención en la síntesis de poliaminas involucradas en la diferenciación de la yema floral.

El rol de los carbohidratos en el proceso de inducción aparentemente es sólo cuantitativo, debido a la energía aportada para la diferenciación de yemas florales (Goldschmidt & Golomb, 1982). Esto se ha demostrado con pruebas de anillado del tronco en la época inductiva (Yamanishi *et al.*, 1993).



En plantas sometidas a un período de estrés hídrico y/o bajas temperaturas se observa un aumento en el contenido foliar de nitrógeno y carbohidratos solubles, mientras que disminuyen los niveles de almidón en forma proporcional a la duración del estrés, según lo reportado por Nakajima *et al.* (1993).

2.4.5. Floración

Luego del período inductivo, al elevarse la temperatura en primavera y/o reiniciarse las lluvias tras un período de sequía, tiene lugar la floración (Agustí, 2003; Pilatti *et al.*, 2009a). La duración del período de floración es dependiente de la temperatura, las altas temperaturas aceleran la antesis y acortan el período de floración, mientras que ocurre lo contrario con temperaturas bajas. Por lo tanto las condiciones de temperatura afectan las posibilidades de polinización y cuajado, ya que el desarrollo del tubo polínico tiene un umbral térmico de 13 °C. También este factor influye en la actividad de las abejas y otros insectos polinizadores de los cítricos (Davenport, 1990).

Las flores se presentan en inflorescencias con o sin hojas (ramillete mixto y ramillete floral, respectivamente), en forma simple (flor solitaria) o en brotes vegetativos que terminan en una flor (brote campanero). La proporción de estos tipos de brotes determina la intensidad de floración y depende de la variedad, además de ser fuertemente influenciada por las condiciones ambientales y de manejo. Las flores de los cítricos son hermafroditas y liberan polen cuando el estigma está receptivo. La autopolinización puede ocurrir antes de la antesis, o bien se puede producir polinización cruzada entre plantas genéticamente diferentes, debido al transporte de polen a través de los insectos (Iglesias *et al.*, 2007).

Aunque la mayoría de las especies cultivadas actualmente muestran algún grado de apomixis, las naranjas de ombligo se caracterizan por presentar alto grado de partenocarpia, por lo tanto sus frutos son aspérmicos o sin semillas y muy apreciados por el consumidor. Esto se puede deber a la esterilidad gamética, la cual puede ser absoluta o relativa y esta última, a su vez, puede originarse por autoincompatibilidad (en Clementinas) o incompatibilidad cruzada. Por otro lado la esterilidad gamética



absoluta está asociada a la esterilidad del polen y/o el saco embrionario (las variedades *Washington navel* y *Satsuma* presentan ambos) (Talon, 1997).

2.4.5.1. Técnicas para el control de la floración

El control de la floración es necesario, en muchos casos, para aumentar la cantidad y la calidad de la cosecha, por ejemplo cuando la relación entre intensidad de floración y producción es negativa y la falta de cosecha es consecuencia de un cuajado muy bajo (García *et al.*, 1986; Pilatti *et al.*, 2010). De esta forma se genera alta floración al año siguiente produciéndose ciclos de improductividad seguidos de altas floraciones, por lo tanto en años de floración abundante se requieren tratamientos para disminuirla. En estos casos la inhibición de la floración lograría aumentar el número de frutos cosechados, obteniendo así el control de las floraciones siguientes (Charles *et al.*, 1988).

La aplicación exógena de giberelinas en el reposo invernal logra modificar la frecuencia relativa de los brotes formados en primavera, disminuye la formación de inflorescencias sin hojas y el número total de flores desarrolladas (Guardiola *et al.*, 1993; Koshita *et al.*, 1999). La efectividad depende de la dosis, el momento de aplicación y del nivel de floración de cada cultivar en un ciclo de producción determinado (Agustí *et al.*, 1982; Gravina, 1999). Bajo el punto de vista agronómico, en los cítricos existen dos momentos de mayor sensibilidad, una primera época durante el reposo vegetativo y una segunda tiene lugar al inicio de la brotación, este último período es el más breve (Davenport, 1990). El mayor efecto se produce en el inicio de la inducción floral y desciende luego de la diferenciación floral (Charles *et al.*, 1988). Se ha determinado que la reversión de yema floral a vegetativa con aplicación de ácido giberélico es posible hasta el momento de desarrollo de sépalos (Chouza & Gravina, 2010).

La poda en cítricos realizada previo o al inicio de la brotación de primavera, tiende a una disminución de la intensidad de floración, acompañada de una redistribución de la brotación, esto mejora la relación hoja: flor. La poda hace que se formen ramas más gruesas que presentan mayor proporción de



hojas y de inflorescencias con hojas, lo cual favorece la producción de un mayor número, tamaño y calidad de frutos (Zaragoza *et al.*, 1992).

2.4.6. Establecimiento de frutos

El proceso que marca la transición del ovario de la flor a fruto en desarrollo se denomina cuajado o establecimiento de frutos y supone la iniciación de un crecimiento rápido de los tejidos del ovario. Si el crecimiento no se inicia, o una vez iniciado cesa, el ovario se desprende y, por lo tanto, se produce la abscisión (Sozzi, 2007).

En cítricos, el número de flores formadas excede ampliamente al número de frutos que alcanzan la madurez que llega, en algunos casos al 0,1% del total de flores formadas (García *et al.*, 1986). La caída de frutos comienza en la primera etapa del desarrollo del fruto y el final coincide con la transición del metabolismo de división celular a elongación celular, que ocurre en diciembre en nuestro hemisferio ('june drop'). La abscisión de frutos es un fenómeno complejo que depende de factores genéticos, metabólicos, ambientales y de manejo (Iglesias *et al.*, 2007).

2.4.6.1. Factores que afectan al establecimiento de frutos

Exógenos

La distribución e intensidad de la abscisión de estructuras reproductivas está directamente relacionada con algunos factores externos, principalmente la temperatura, (Champlin & Westwood, 1980) la disponibilidad de agua y nutrientes (Nakajima *et al.*, 1993), además del manejo (Agustí *et al.*, 2003). Descensos bruscos de humedad relativa ambiente, bajo contenido hídrico del suelo y heladas tardías durante la primera fase del desarrollo del fruto, promueven su abscisión (Gariglio *et al.*, 2007). Además,



las temperaturas superiores a 35 °C provocan un aumento de la fotorrespiración (mayor relación oxígeno/dióxido de carbono) y, en consecuencia, la disminución de la fotosíntesis (Sozzi, 2007).

Endógenos

La persistencia del fruto en la planta está directamente relacionada a características genéticas y a su tasa de crecimiento, por lo que la disponibilidad de carbohidratos (Goldschmidt & Golomb, 1982) y elementos minerales hacia ellos (Scholefield *et al.*, 1985; Zilkah *et al.*, 1987; Scholberg *et al.*, 2002; Pilatti *et al.*, 2009b) desde la floración hasta el fin de la caída fisiológica de frutos es determinante en la intensidad y periodicidad de la abscisión durante esta etapa (Goldschmidt & Koch, 1996). Con respecto al balance hormonal, el etileno tiene el efecto de promover la caída de flores y frutos, mediante la activación de enzimas celulasas y poligalacturonasas en la capa de abscisión, las auxinas actúan de forma antagónica al etileno, retrasando la caída de éstos órganos (Guardiola *et al.*, 1993; Taiz & Zeiger, 2004). En variedades con semillas los frutos cuajan con facilidad ya que poseen normalmente, un contenido más elevado en hormonas que los partenocárpicos, debido a que los fenómenos de polinización y fecundación reactivan la división celular; si esto no ocurre la flor abscisiona (Sozzi, 2007).

En condiciones de elevadas intensidades de floración, se establece una competencia por recursos entre los diferentes órganos en desarrollo y, debido a un mecanismo de autocontrol en la planta se desencadena un ajuste de su capacidad nutricional, reduciendo notablemente el cuajado (Goldschmidt & Golomb, 1982; Guardiola *et al.*, 1984; Gil-Albert Velarde, 1996; Guardiola & García-Luis, 2000). Además, el tamaño de las flores en el momento de la antesis es menor y la dinámica de abscisión de las estructuras reproductivas, comienza en estados muy tempranos (de botones florales, flores y frutos pequeños), persistiendo sólo los frutos mejores ubicados, estando relacionada con la especie y cultivar y con las condiciones ambientales y de manejo (Guardiola *et al.*, 1993; Gravina, 1999; De Souza Prado *et al.*, 2007). Se considera que intensidades de floración de 700 a 3000 flores por árbol no comprometen la



producción de frutos (Davenport, 1990). Asimismo bajas intensidades de floración, permiten un cuajado elevado pero cosechas bajas por el déficit de flores (Agustí *et al.*, 2003).

El cuajado de frutos es altamente dependiente del tipo de inflorescencia. Los ramilletes mixtos y brotes campaneros están relacionados a un alto cuajado de frutos, por el contrario las inflorescencias sin hojas emergen antes y poseen muy baja probabilidad de establecimiento de los frutos (Lovatt *et al.*, 1988b). Durante un mes aproximadamente después de la antesis, las hojas se comportan como órganos competidores de los frutos, ya que mientras crecen actúan como demandantes de fotoasimilados, y solo en su transición a hojas maduras alcanzan paralelamente su rol de fuente de carbohidratos. La influencia de las hojas sobre el cuajado está asociada con un incremento de la tasa de asimilación neta de CO₂ y el suministro de fotoasimilados a los frutos en crecimiento (Sylvertsen & Lloyd, 1994), además se ha comprobado que las inflorescencias con hojas tienen mayor nivel hormonal (Iglesias *et al.*, 2007).

2.4.6.2 Técnicas para la mejora del cuajado de frutos

Existen técnicas de estímulo al proceso de cuajado de frutos como ser: aplicación exógena de reguladores de crecimiento, principalmente de giberelinas al momento de iniciarse la caída de pétalos, la fertilización foliar con nitrógeno, la aplicación de sacarosa vía foliar, la poda y el rayado de ramas (Charles *et al.*, 1988; Guardiola *et al.*, 1993; Gravina, 1999; Agustí *et al.*, 2003; Pilatti *et al.*, 2010). Las mismas tienen como principal objetivo alterar la relación fuente-destino e intervenir en el proceso fisiológico del cuajado de frutos (Goldschmidt & Monselise, 1972; García *et al.*, 1995; Guardiola & García-Luis, 2000).

Las aplicaciones de GAs a los ovarios durante la antesis promueven su desarrollo a través de un estímulo en el transporte de los elementos minerales y de fotoasimilados hacia ellos (Goldschmidt & Monselise, 1972; García *et al.*, 1986).



El incremento de nitrógeno en la planta, como resultado de las aplicaciones foliares de urea con bajo biuret, ha permitido utilizar esta práctica cultural para mejorar el establecimiento de los frutos en diferentes especies frutales cuando las reservas de nitrógeno son limitantes (Nevin & Lovatt, 1987; Zilkah *et al.*, 1987; Lovatt *et al.*, 1988b; Pilatti *et al.*, 2009b).

Las aplicaciones de sacarosa vía foliar logran aumentar la disponibilidad de carbohidratos hacia los frutos en esta etapa crítica ya que su demanda debe ser satisfecha por el importante consumo que conlleva la brotación y la floración, en las que las reservas en las hojas alcanzan valores mínimos. Se ha observado que las concentraciones de sacarosa y de almidón en las hojas y en tallos de inflorescencias que retienen sus frutos es mayor a las que los abscisionan (Goldschmidt & Koch, 1996).

La poda permite regular la capacidad vegetativa y reproductiva, ya que se altera la relación entre las partes aérea y radical, asimismo se favorece la iluminación y aireación, lo cual aumenta la eficiencia fotosintética del árbol. Las plantas podadas durante la dormición tienen un mayor nivel nutricional y hormonal para sustentar la nueva brotación que las plantas sin podar (Faust, 1989). La poda de fructificación y mantenimiento consiste en la eliminación y/o acortamiento de ramas y supresión de ramas viejas, de pequeño tamaño, resacas, chupones de gran vigor y ramas altas de difícil acceso; se debe contribuir al desarrollo horizontal de las ramas y evitar la eliminación de las faldas, solamente controlar ramas que tiendan a rastrear o que se entrecruzan. En los citrus se realiza una poda moderada, y se debe mantener la tendencia natural del árbol (Agustí, 2004).

El anillado o rayado del tronco o de ramas principales consiste en la interrupción temporal, por medios mecánicos, de fotoasimilados al sistema radical. Se realiza mediante un corte fino de la corteza de las ramas secundarias o terciarias (según su diámetro) alrededor de todo el perímetro de las mismas. Es una técnica que se basa en permitir una mayor disponibilidad de carbohidratos, y otras sustancias, para los frutos en desarrollo durante el período en que se cicatriza y reanuda la conexión vascular (Gravina, 1999).



2.4.7. Desarrollo del fruto

2.4.7.1. Crecimiento y desarrollo del fruto

El desarrollo del fruto ocurre en un período de tiempo relativamente largo, que en regiones subtropicales y templadas, comienza en la primavera y se completa en otoño (marzo-mayo) en las variedades tempranas, en invierno (junio-agosto) en las variedades intermedias y hasta finales de primavera (septiembre-noviembre) en las más tardías (Sylvertsen & Lloyd, 1994).

El crecimiento del fruto sigue una curva sigmoideal desde la antesis hasta la maduración, caracterizada por tres períodos bien diferenciados:

Fase I o de crecimiento exponencial: desde antesis hasta el final de la caída fisiológica de frutos (de aproximadamente dos meses de duración), caracterizada por un rápido crecimiento, básicamente de la corteza (exocarpo, mesocarpo y endocarpo), provocado por la división celular, donde se define el número de células del fruto y, por lo tanto, su tamaño potencial.

Fase II o de crecimiento lineal: desde la caída fisiológica hasta antes del cambio de color, con duración corta en variedades precoces (2-3 meses) o larga en las tardías (5-6 meses). Se caracteriza por la expansión celular, desarrollo de lóculos y aumento del contenido de jugo en las vesículas.

Fase III o de maduración: presenta una reducida tasa de crecimiento, la corteza adquiere pigmentación debido a la degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides, al mismo tiempo se produce la maduración interna con el aumento de sólidos solubles y de compuestos nitrogenados, a la vez que disminuyen los ácidos libres debido a su dilución y metabolización (Iglesias *et al.*, 2007).

Existen factores internos de la planta que determinan el tamaño final del fruto, como ser el componente genético, ya que el tamaño del fruto es una característica propia de cada variedad, aunque puede variar según la edad de la planta, condiciones climáticas y de manejo (Agustí *et al.*, 2003). Otro es la posición del fruto en el brote, debido a que en los mixtos y campaneros la presencia de hojas en el brote



estimula el desarrollo del fruto a través de una mayor velocidad de crecimiento, desde el momento del establecimiento y aumenta con el tiempo hasta la recolección (Goldschmidt & Koch, 1996). El tamaño del fruto está inversamente relacionado al número de frutos por árbol, y más aún con el número de flores producidas, debido a la competencia entre órganos en desarrollo por productos de la fotosíntesis y elementos minerales (Gravina, 1999). Con elevados niveles de floración, en el momento de la antesis se presentan ovarios más pequeños, en este caso se debería intervenir para disminuir la intensidad de floración o bien con el aclareo de frutos, que puede ser químico o manual (inviabile como técnica agronómica rentable). El momento óptimo para el raleo sería la fase I.

El desarrollo del fruto depende además de factores ambientales y prácticas culturales. La acumulación de metabolitos en el fruto y su tasa de crecimiento están directamente asociadas a la temperatura. El fruto es susceptible a las altas temperaturas, diversos estudios demostraron que el crecimiento del fruto se reduce si éstas superan los 30 °C; atribuyéndose tal efecto a la reducción de la actividad fotosintética, lo cual reduce el aporte de carbohidratos al fruto en desarrollo. Por otro lado, durante el período de maduración, la ausencia de crecimiento del fruto se halla asociada a las bajas temperaturas (Sylvertsen & Lloyd, 1994). Los cítricos presentan cierta tolerancia a la falta de luminosidad sin embargo, el crecimiento de los frutos situados en el interior del árbol es más lento que el de los frutos exteriores. El desarrollo del fruto también depende de las características del suelo, del aporte de agua por riego, de la provisión de nutrientes y del tipo de pie de injerto (Agustí, 2003). Otras técnicas para aumentar el tamaño del fruto son el rayado de ramas y/o la aplicación de auxinas de síntesis al final de la caída fisiológica de frutos (Guardiola *et al.*, 1993; Guardiola & García-Luis, 2000).

2.4.7.2. Maduración del fruto

La maduración del fruto se define como el conjunto de cambios externos e internos ocurridos cuando el fruto alcanza su máximo tamaño y completa su desarrollo, tales como coloración, firmeza, sabor, textura, aumento de azúcares solubles, descenso de almidón y de ácidos libres, entre otros. A partir



de entonces comienza el proceso de senescencia y abscisión del fruto. En los cítricos la maduración interna y externa son procesos fisiológicos diferentes (Iglesias *et al.*, 2007).

Maduración externa

El proceso de maduración externa en cítricos se refiere a la conversión de cloroplastos en cromoplastos que consiste en la progresiva pérdida de clorofila y el aumento en el contenido de carotenoides, lo que se manifiesta en el cambio de color de la cáscara al pasar del color verde al naranja. Este proceso es reversible y está influenciado por las condiciones ambientales, la disponibilidad de nutrientes y hormonas (Goldschmidt, 1988).

Las condiciones ambientales tales como temperatura, luz y humedad son factores determinantes en la coloración. Temperaturas por debajo de 13 °C provocan el cambio de coloración del fruto, las clorofilas a y b son degradadas y se inicia la síntesis de carotenoides, mientras que el reverdecimiento se relaciona con las altas temperaturas. La luz afecta la coloración del fruto, ya que es necesaria para la síntesis de carotenoides y antocianinas. Los frutos situados en el exterior de la copa tienen una coloración más intensa. La humedad relativa afecta el grosor de la piel, especialmente en las últimas fases del desarrollo del fruto. Así pues, elevados valores de ésta en combinación con temperaturas altas en otoño, favorecerán a la incidencia del *bufado* (hinchamiento de la corteza que la separa de la pulpa), por ejemplo el *bufado* de la mandarina *Satsuma*. En las naranjas ‘navel’ períodos húmedos y fríos generan en la corteza zonas de aspecto húmedo, el *water spot*. Fluctuaciones de períodos de humedad de suelo baja y lluvias determinan el *splitting* (rajado) de los frutos. La radiación también afecta la calidad de la fruta al influir sobre su coloración y firmeza, provocando daños en la piel de los frutos cuando su intensidad supera ciertos límites (Gariglio *et al.*, 2007) denominado ‘*sunburn*’ o golpe de sol en mandarina *Satsuma* (Micheloud *et al.*, 2010), que consiste en un aplastamiento asimétrico de la zona del fruto expuesta al sol, en la que la corteza adquiere una textura reseca y dura y una coloración amarillenta, desprovista de clorofila, las glándulas de aceites esenciales se rompen y las células se necrosan. El viento produce lesiones sobre la



corteza como consecuencia de la rozadura de ramas, hojas o tallos. También puede provocar desórdenes fisiológicos cuando es de elevada intensidad (Agustí, 2003).

El cambio de color en los cítricos es influenciado por la condición nutricional. Se ha demostrado que la síntesis de cromoplastos es estimulada ante la acumulación de sacarosa en el fruto y la disminución del contenido de nitrógeno en la cáscara (Sozzi, 2007).

La aplicación de etileno exógeno acelera la desaparición de la clorofila por promover la actividad de la enzima clorofilasa, mientras que la giberelina contrarresta el efecto del etileno y retrasa la desverdización (Iglesias *et al.*, 2007). Se ha demostrado a través de experimentos con aplicación de etileno por inmersión de frutos de mandarina *Satsuma* que el desarrollo del color anaranjado se incrementa con la concentración de etileno y mejora aún si se combina con luz (Bouzo *et al.*, 2008).

Maduración interna

Los cítricos son frutos no climatéricos, por lo cual no muestran aumentos respiratorios o de síntesis de etileno durante la maduración. En esta etapa los cambios de composición química como la hidrólisis de polisacáridos y componentes de la pared celular, de ácidos orgánicos, aroma, pigmentación, etc. se dan más gradualmente que en los frutos climatéricos (Sozzi, 2007).

Durante la maduración hay una disminución de la acidez debido al catabolismo del ácido cítrico y un aumento en los azúcares. Entre el 75 y el 85 % de los sólidos solubles totales (SST) del jugo de los cítricos son azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa en proporción 2:1:1) y el resto son ácidos orgánicos, proteínas, lípidos y minerales. La acidez (A) se debe principalmente al ácido cítrico, otros ácidos orgánicos presentes en el jugo son los ácidos málico, succínico e isocítrico. La relación entre SST y A constituye el índice de madurez y es la base para determinar la madurez comercial. La acidez es determinante del pH del jugo, el cual varía entre valores de 2 para el limón y 5 para mandarinas y



naranjas. Otros constituyentes del fruto son: vitamina C, sustancias pécticas (de importancia industrial), minerales (K, Ca, Mg, Zn, Fe, Co, Mn), flavonoides (Iglesias *et al.*, 2007).

La alternancia de temperaturas afecta la calidad interna, ante un alto régimen térmico día/noche los frutos poseen un elevado contenido en SST y baja acidez (A) atribuida a la respiración de los ácidos orgánicos. Ambos parámetros (SST y A) son reducidos cuando en el periodo previo a la cosecha se presentan lluvias (Agustí, 2003).



3) **OBJETIVOS**



3) OBJETIVOS

3.1. *Objetivo general*

Investigar el desarrollo fenológico y reproductivo, la relación de los factores ambientales con los componentes del rendimiento y el efecto de algunas prácticas culturales en variedades de cítricos en la zona centro de la provincia de Santa Fe.

3.2. *Objetivos específicos*

Comportamiento fenológico-reproductivo de variedades de cítricos:

- Evaluar las etapas fenológicas de la brotación de primavera.
- Evaluar la brotación primaveral y la intensidad de floración.
- Cuantificar el establecimiento de frutos, la evolución de la abscisión y la tasa de crecimiento de los mismos.
- Registrar los parámetros internos y externos que definen la calidad de los frutos cítricos al momento de cosecha.
- Analizar el efecto de los factores ambientales sobre el comportamiento fenológico y los componentes del rendimiento.

Evaluación de prácticas culturales en naranjas de ombligo cv. Lanelate:

- Conocer el efecto de la aplicación invernal de giberelinas y el momento de poda sobre la fenología, intensidad de floración y el cuajado de frutos.
- Observar el efecto del rayado de ramas, la aplicación de giberelinas a caída de pétalos, la aplicación de urea y sacarosa vía foliar sobre el cuajado y crecimiento de frutos.



4) METODOLOGÍA



4) METODOLOGÍA

4.1. Descripción agroecológica

El trabajo se realizó en la localidad de Esperanza, provincia de Santa Fe (Argentina) en el Campo Experimental de Cultivos Intensivos y Forestales (CECyF) de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral y en una finca comercial (31° 26' S; 60° 56' W; 40 m.s.n.m.).

El clima de la zona es templado pampeano con características de clima subtropical. Es decir, ésta es una zona de transición entre estos dos tipos de clima (Cáceres, 1980). Según Köppen (1931) la región se clasifica como Cfa: clima templado húmedo mesotermal, sin presencia de estación seca en invierno y verano cálido. Según Thornthwaite (1948) la región se clasifica como C₂ B₃´ra´: clima Subhúmedo húmedo, mesotermal con nula o pequeña deficiencia en agua y baja concentración de la eficiencia térmica.

Temperaturas: la temperatura media histórica del mes más cálido (enero) es 24,7 °C y la media del mes más frío (julio) 11,5 °C (Tabla 1). Así la temperatura media anual es de 18,1 °C (Tabla 1).

Precipitaciones: La precipitación media anual en los últimos 10 años es de 942 mm (Tabla 1). Siendo su distribución variable en el espacio y en el tiempo. Los valores pluviométricos mínimos se registran en invierno, aumentan en primavera y se hacen máximos en verano y otoño, destacándose marzo como el mes más lluvioso (INTA, 1991; Giorgi *et al.*, 2008).

Heladas: la región dispone de inviernos suaves, pero el fenómeno de heladas constituye una de las adversidades que suelen ocasionar pérdidas de plantas. Las más notorias ocurren en el mes de julio, las heladas tempranas y tardías se producen normalmente en los meses de mayo y septiembre, respectivamente. El período medio libre de heladas es de 307 días (Cáceres, 1980).



Tabla 1. Parámetros de temperaturas y precipitaciones mensuales de Esperanza (Santa Fe).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
T° Máxima media (°C)	31,4	29,9	28,1	24,3	21,1	17,7	17,4	20,1	22,3	25,2	28,6	31,5	26,1
T° Media mensual (°C)	24,7	24,4	21,9	17,7	15,3	12,5	11,5	13,1	15,1	18,2	21,2	23,9	18,1
T° Mínima media (°C)	18,9	18,3	16,5	12,6	9,9	7,9	6,5	7,3	9,4	12,3	14,9	17,4	12,7
Precipitaciones medias (mm)	134	127	145	95	55	41	25	25	92	69	61	73	942

Fuente: FCA-UNL (serie histórica: 1997-2007).

Vientos: en la región se pueden encontrar tres tipos: *Sudestada*, de origen marino y con gran contenido de humedad, cálido en invierno y fresco en verano. *Pampero*, es una masa de aire frío proveniente del suroeste, da fin a un período de tiempo anormalmente cálido y húmedo, produce precipitaciones y estabilidad atmosférica. *Viento norte*, es cálido y prevalece la mayor parte del año, frecuentemente húmedo. Los predominantes en nuestra zona corresponden a *Sudestada* y *Viento norte*, teniendo una mínima incidencia el *Pampero*. Los valores de mayor intensidad se registran entre los meses de agosto, septiembre y octubre, con un máximo valor en septiembre. Las menores intensidades corresponden a los meses de verano y otoño (Cáceres, 1980).

Geomorfología: el relieve es plano muy suavemente ondulado y predominan las tierras en las que los excesos hídricos se eliminan en lapsos breves, pero existen otras con desagüe muy lento o nulo, en las que la ocurrencia de anegamientos y encharcamientos generalizados depende de la profundidad del nivel freático (INTA, 1991; Giorgi *et al.*, 2008).

Suelos: los suelos más difundidos son los Argiudoles (típicos y ácuicos, familia arcillosa fina), moderadamente bien drenados, con horizontes superficiales de textura franco limosa y muy bajo contenido de arena. El desarrollo de horizontes argílicos produce restricciones moderadas a fuertes en el drenaje. Los Argiudoles típicos se presentan como totalmente dominantes sólo en los sectores con mejor escurrimiento, pero en general, forman complejos con Argiudoles ácuicos y Argialboles típicos (Giorgi *et al.*, 2008).



Son característicos de la región los suelos serie Esperanza, Argiudol típico (IP 81), caracterizado por su textura franco limosa, bien drenados y profundos, constituye el mejor suelo de esta región. Tiene un horizonte superficial de 27 cm de espesor y una densidad aparente de $1,26 \text{ g.cm}^{-3}$; a continuación un horizonte de transición de 13 cm de espesor, caracterizado por un mayor contenido de arcilla, cuya proporción relativa sigue incrementándose en los horizontes más profundos, sin afectar el drenaje del suelo. Otras características las constituyen el moderado contenido de materia orgánica (2,07 %) y de nitrógeno orgánico total (0,125 %), pH neutro (6,92) y baja conductividad eléctrica (0,123 dS/m) (INTA, 1991). El suelo donde se realizó este trabajo se clasifica como Argiudol típico, serie Esperanza.

4.2. Caracterización ambiental de los ciclos productivos

Para cuantificar los factores ambientales durante la estación de crecimiento se utilizaron los registros obtenidos por una estación Licor 1400, con sensores de temperatura de suelo y aire, radiómetro, medidor de radiación PAR, pluviómetro y humedad relativa. Con los datos meteorológicos del período 2008-2011 se obtuvo la temperatura (°C) media, máxima y mínima diaria, luego la temperatura media mensual y las temperaturas medias máximas y mínimas de cada mes. La precipitación (Pp) mensual se calculó a través de la sumatoria de los valores de precipitación diaria (mm) durante el período considerado.

Se obtuvo el balance hídrico climatológico mensual de los años considerados, según la metodología desarrollada por Thornthwait & Mather (1955). La misma, tiene en cuenta los registros de Pp mensual y la estimación de la Evapotranspiración potencial mensual (ETP) según la siguiente fórmula: $ETP = c_1 * 1,6 * (10t/I)^a$

Donde: $a = 0,00000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$

c_1 : coeficiente de ajuste = $H1/12 * N1/30$ siendo H1: número máximo de horas de sol dependiendo de latitud y mes; y N1: número de días del mes.

I: índice calórico anual = $\sum i_j$ i_j : índice calórico mensual = $(t/5)^{1,514}$ donde t: temperatura media.



Luego se calculó la diferencia entre estas variables: $DP = Pp - ETP$ y el almacenamiento en el suelo por medio del siguiente cálculo: $Alm = Alm_{n-1} * e^{DP/CC}$, siendo Alm: almacenamiento del mes considerado, Alm_{n-1} el almacenamiento del mes anterior y CC la cantidad de agua disponible, en la que se consideraron 100 mm según lo recomendado por este autor para cultivos perennes. Cuando el DP fue positivo, el almacenaje del mes considerado se obtuvo sumando al almacenaje del mes anterior el DP del mes. Si al efectuar esta suma se alcanzaron los 100 mm de agua disponible, lo que superó a este valor se consignó como exceso de agua. Además se calculó la variación de almacenaje de agua mes a mes para poder estimar la Evapotranspiración real (ETR). Cuando la Pp superó la ETP, entonces la ETR se consideró igual a la ETP, pero cuando la Pp fue menor a la ETP, la ETR se consideró igual a la suma de la Pp y la variación del almacenaje de agua cedida por el suelo. Por último el déficit de agua fue la diferencia en mm entre la ETP y la ETR.

4.3. Generalidades de la experiencia

Se utilizaron 60 plantas (5 plantas por cada variedad), de naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) y mandarino (*Citrus reticulata* B. y *Citrus unshiu* M.) de 7 años de edad, injertadas sobre pie trifolio (*Poncirus trifoliata*).

Las variedades de naranjos, mandarinos e híbridos utilizadas para el estudio fueron las siguientes:

Naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck):

Grupo Navel: *New hall*, *Navelina*, *Washington navel* y *Lanelate*.

Grupo blancas o naranjas de jugo: *Salustiana*, *Midknigh*, *Valencia late* y *Delta seedless*.

Mandarinos:

Mandarino Satsuma (*Citrus unshiu* Marcovitch): *Okitsu*.

Mandarino Clementino (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka): *Clemenules*.

Híbridos:

Tangors: *Ellendale* y *Murcott*.



Las plantas se dispusieron en un marco de plantación de 5 m x 3 m lo que representó una densidad de 660 plantas.ha⁻¹ en las mandarinas *Satsuma* y de 5 m x 3,5 m, con una densidad poblacional de 550 plantas.ha⁻¹ en el resto de las variedades. El manejo que recibieron los árboles fue el típico de las plantaciones de la región, se hicieron los controles de enfermedades y plagas según se presentaron. Entre las principales prácticas culturales se realizó el control de malezas mecánico con segadora entre líneas y la aplicación de herbicidas en la línea del cultivo; el riego complementario por medio de sistema de riego por goteo realizado según demanda hídrica; y la fertilización según el requerimiento del cultivo durante el período de activo crecimiento, que se extiende desde septiembre hasta finales de marzo.

4.4. Observaciones realizadas durante el ciclo del cultivo

Todas las observaciones descritas a continuación se registraron durante los años 2008-2011, sobre la brotación de primavera, con una frecuencia semanal durante este período, y en todas las variedades en estudio.

4.4.1. Fenología

Para los registros del desarrollo fenológico (estados vegetativos y reproductivos) se utilizó el método basado en la escala BBCH desarrollado por la EEA INTA Concordia (Garrán *et al.*, 1993) que consistió en el muestreo de las ramitas terminales que conformaron la copa de las plantas. Se asignaron escalas numéricas a los estados que se sucedieron durante la brotación y la floración. Esta secuencia comprendió desde la ruptura de las yemas vegetativas o mixtas hasta el desarrollo completo de las hojas y desde la aparición de los botones florales hasta el establecimiento de frutos (Figura 1 y Tabla 2).

Los cambios ontogénicos fueron registrados seleccionando al azar 5 árboles por variedad y en los cuatro puntos cardinales sobre la copa, quedando la planta dividida en cuatro sectores, en los cuales se realizaron 10 observaciones al azar, registrando a la vez estados de brotación y de floración de las ramas terminales. Los resultados se expresaron según el estado predominante (valor más frecuente o modal). Además se registró el periodo de inicio de cosecha.



Para determinar la duración de cada etapa fenológica y el tiempo hasta la cosecha se calculó el tiempo térmico según el método de cálculo de GDD (Hardy & Khurshid, 2007). Las unidades térmicas acumuladas cada día se obtuvieron mediante el promedio entre las temperaturas diarias máximas y mínimas. El umbral térmico o temperatura base de cítricos de 13 °C (Goldschmidt & Koch, 1996) se restó de este promedio.

$$\text{GDD} = [(\text{temperatura máxima} + \text{temperatura mínima}) \div 2] - 13$$

En el cálculo de unidades térmicas diarias, todos los resultados por debajo de cero (resultado negativo) no se utilizaron. Además todas las temperaturas máximas superiores a 35 °C se computaron a este valor. Luego se realizó la sumatoria de los GDD diarios, para obtener el valor acumulado necesario para completar cada fase fenológica evaluada. Para el cálculo de GDD del inicio de brotación (B1) se consideraron las temperaturas desde el inicio del mes de mayo, que representa el momento de inicio del período de reposo invernal. Asimismo se calcularon los GDDA (grados días de crecimiento acumulados) que resultaron de sumar a cada fase los GDD necesarios para completar las fases anteriores.

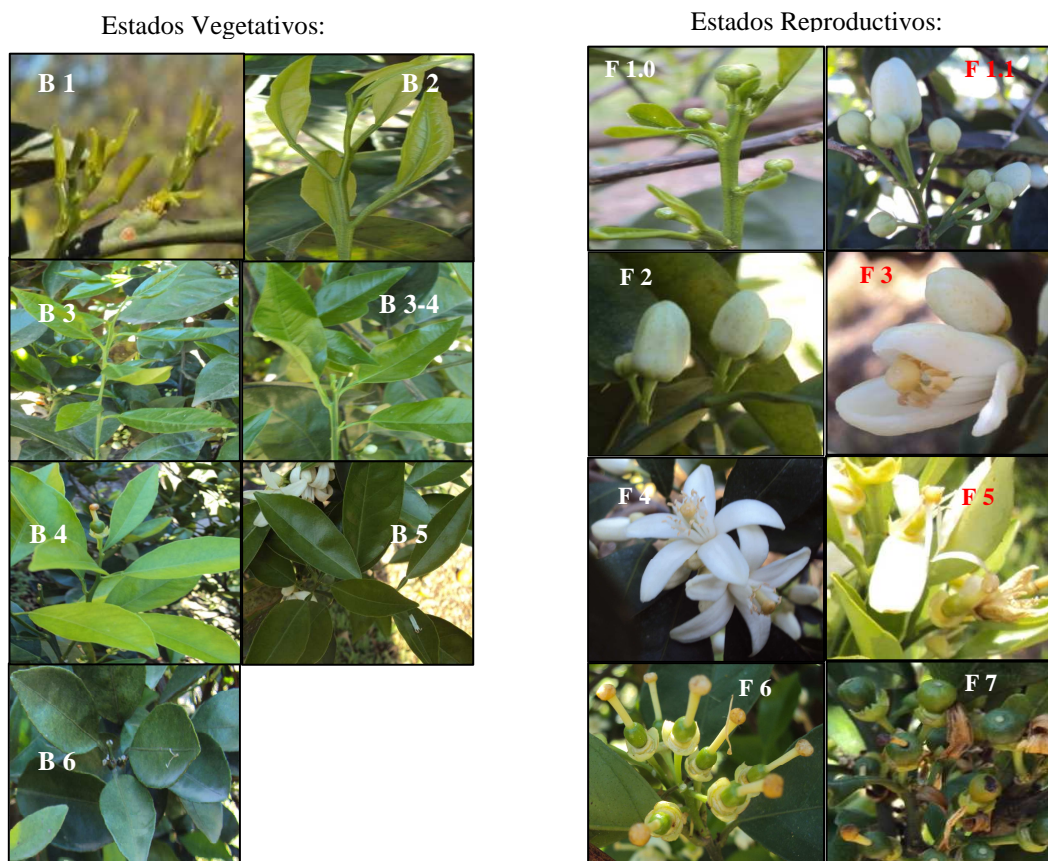


Figura 1. Estados Fenológicos de Cítricos – Brotación y Floración.



Tabla 2. Escala de registros fenológicos en Cítricos. Brotación y Floración (Garrán, *et al.*, 1993).

<i>Estados de brotación:</i>		<i>Estados de floración:</i>	
B1	Brotos iniciales	F1.0	Botones florales iniciales, verdes.
B2	Brotos alargándose, hojas muy pequeñas	F1.1	Botones florales blanquecinos verdosos
B3	Brotos alargándose, hojas creciendo	F2	Botones florales blancos
B3-4	Brotos alargados, hojas creciendo	F3	Botones florales abriéndose
B4	Hojas alcanzando tamaño final, tiernas	F4	Flores abiertas.
B5	Brotos y hojas madurando	F5	Flores con caída de pétalos
B6	Ramitas y hojas adultas	F6	Flores con pétalos caídos
		F7	Frutitos cuajados
		F8	Fruto maduro

Referencias estados de brotación:

B1: yemas rompiendo la dormición y predominio de brotes con alargamiento inicial (menor a 3-5 cm).

B2: predominio de brotes con alargamiento de entrenudos, con más de 3 cm.

B3: predominio de brotes completando el alargamiento de entrenudos y comenzando la expansión de las hojas.

B3-4: brotes completando el alargamiento y en pleno proceso de expansión foliar.

Estos estados (B1, B2, B3 y B3-4) presentan sensibilidad a heladas, susceptibilidad a infecciones de sarna (*Elsinoe spp.*), melanosis (*Diaporthe citri*) y de ataques de minador (*Phyllocnistis citrella* Staint), chicharritas (*Diaphorina citri*) y pulgones (*Toxoptera sp.*, *Aphis sp.*) (Garrán *et al.*, 1993).

B4: brotes completando el alargamiento, finalizando la expansión foliar y comienzo del engrosamiento foliar. Susceptible a infestaciones de pulgones y a cancrrosis (*Xantomonas citri*) (Garrán *et al.*, 1993).

B5: brotes finalizando el alargamiento, la expansión y engrosamiento foliar. Susceptible a cancrrosis sólo a través de heridas.

B6: ramas sin brotes nuevos y predominio de hojas completamente desarrolladas. Hojas en plena actividad metabólica.



Referencias estados de floración:

F1.0: botones florales iniciales, de color verdoso y con los sépalos cubriendo completamente los pétalos. Muy sensible a heladas.

F1.1: predominio de botones florales con los pétalos cerrados, sobresaliendo de los sépalos verdes.

F2: botones florales de color blanquecino, con los pétalos cerrados bien visibles y sobrepasando en crecimiento a los sépalos. Al igual que el estado anterior, sensible a heladas.

F3: botones florales alargados abriéndose. Período muy breve.

F4: predominio de flores abiertas y receptivas a la polinización.

F5: flores abiertas, con pétalos caídos. Susceptibilidad a infecciones de sarna. Momento clave para la pulverización con fungicidas protectores para el control de sarna (Garrán *et al.*, 1993).

F6: flores con pétalos ya caídos pero conservando el estilo. Susceptibilidad de frutos a infecciones de sarna. Momento clave para la pulverización con fungicidas protectores para el control de sarna.

F7: predominio de flores con pétalos y estilos ya desprendidos, en proceso de cuajado de frutos, los cuales inician el crecimiento (con mayor diámetro y tomando coloración verde más intensa).

F8: fruto maduro y apto para el consumo, por lo que se inicia la cosecha.

4.4.2. Caracterización de la brotación primaveral e intensidad de floración

Al momento de la brotación de primavera se reconocieron los diferentes tipos de brotes y el número de flores por brote reproductivo (Lovatt *et al.*, 1988b). Se registraron y cuantificaron: nudos sin brotar, nudos con brotes múltiples, brotes vegetativos, brotes campaneros, flores solitarias, ramilletes florales y ramos mixtos. Para ello, en cada variedad, y con el criterio de selección de las plantas antes descrito, se tomaron 10 ramitas terminales al azar y situadas en los sectores este y oeste de las plantas.



Se calculó el porcentaje correspondiente a cada tipo de brote y la intensidad de floración expresada como número de flores cada 100 nudos, la cual se relacionó luego con los factores ambientales inductivos, los tipos de brotes, el porcentaje de cuajado y el número de frutos por árbol.

4.4.3. Establecimiento, abscisión y tasa de crecimiento de frutos

Sobre los ramos seleccionados se midieron la cantidad de flores y/o frutos presentes cada semana, por lo que se observó la evolución de la abscisión de las estructuras reproductivas y se calculó la tasa de abscisión, como el porcentaje de estructuras reproductivas abscindidas por cada estado reproductivo en relación al máximo valor cuantificado. El porcentaje de cuajado se expresó como la relación existente entre el número de frutos finales y el número máximo de flores que presentó la rama en cuestión. Se verificó la relación entre la intensidad de floración y el establecimiento de los frutos asociados con los factores climáticos del período correspondiente a la etapa I del desarrollo del fruto.

Además, se seleccionaron 10 frutos por árbol distribuidos en forma aleatoria en la copa y se midió periódicamente la evolución del diámetro del fruto hasta la cosecha, mediante la utilización de un calibre digital. Se realizaron las curvas de la evolución del crecimiento en diámetro de los frutos a través del tiempo y se ajustaron según el programa estadístico 'R' con los plug in 'drc' y 'qpcr', se probaron siete modelos y el que mejor ajustó fue 'gompertz', según el valor de AICc' (Ritz & Streibig, 2005; Knezevic *et al.*, 2007; Kniss *et al.*, 2011). Finalmente, se obtuvo la tasa de crecimiento relativa (TCR) del fruto para cada variedad durante cada mes del período comprendido entre frutos cuajados e inicio de cosecha según la siguiente fórmula: Tasa de crecimiento relativo (%)/mes = (diámetro mes 2 – diámetro mes1) / (diámetro final).

A la cosecha, se registró el número total de frutos por árbol y el peso medio de los frutos con el fin de estimar el rendimiento de cada variedad en estudio. El rendimiento medio por planta se estimó según la siguiente fórmula:



Rendimiento (kg/planta) = peso promedio del fruto (kg/fruto) x n° promedio de frutos por planta (frutos/planta).

4.4.4. Calidad de frutos

Se caracterizó la calidad de fruta a la cosecha, a través de los siguientes parámetros: tamaño de fruto (diámetro ecuatorial) medido con calibre digital y peso de los frutos medido con balanza electrónica. El porcentaje de jugo se calculó a través de la relación entre el volumen de jugo, obtenido a través de un exprimidor, y el peso total de la muestra de 10 frutos (según procedimiento descrito en el apartado 130 de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1983). El contenido de sólidos solubles (°Brix) se midió por refractometría, para ello se utilizó un refractómetro analógico digital portátil tipo Poket PAL-1 con rango 0-53 °Brix, según el instructivo Atago (Campana, 2007). Se midió la acidez total, obtenida por titulación con NaOH, según la metodología descrita por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (1983). Para determinar la madurez comercial se calculó la relación entre SST y A que constituye el índice de madurez.

4.5. Análisis del efecto de los factores ambientales sobre los componentes del rendimiento

Para cuantificar los factores ambientales inductivos de los cítricos (bajas temperaturas y déficit hídrico) durante los meses de mayo-junio-julio-agosto, que representa el período inductivo a floración en nuestra zona, se tomó en cuenta el número de horas de frío debajo de la temperatura base de 13 °C y de 15 °C (NH<TB) y se comparó con la metodología descrita por Vasconcelos-Ribeiro *et al.* (2006) según la fórmula siguiente: $NH<TB = 4482,8811 - (231,2112 * T^{\circ} \text{ MED julio})$; por otro lado se tuvo en cuenta la deficiencia hídrica (DEFH) según el balance hídrico climatológico (Thorntwait & Mather, 1955). Además se describieron las características ambientales mensuales asociadas al período de floración y cuajado de frutos: horas con temperaturas mayores a 35 °C (hs con $T^{\circ} > a 35^{\circ}C$), horas con temperaturas



menores a 13 °C (hs con $T^{\circ} < a 13^{\circ}C$) y días con registros de temperaturas menores a 0 °C, además del balance hídrico durante esta etapa.

Se estableció la relación entre los parámetros meteorológicos, $NH < TB$, $DEFH$, con la intensidad de floración, el cuajado de frutos y la producción obtenida.

4.6. Evaluación de prácticas culturales

Para realizar la evaluación de las distintas prácticas culturales se seleccionó la variedad *Lanelate*. Los ensayos se llevaron a cabo en el período 2010-11, se tomaron 5 plantas distribuidas al azar para cada tratamiento y se registró la fenología, la brotación primaveral, la intensidad de floración y el cuajado de frutos, además sobre los frutos persistentes se midió la evolución del diámetro ecuatorial utilizando un calibre digital y finalmente se realizó la estimación de rendimiento. Se procedió según la metodología descripta en los puntos: 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3.

Los tratamientos fueron los siguientes:

4.6.1. Efecto sobre la brotación, la intensidad de floración y el establecimiento de frutos

Poda y aplicación invernal de giberelinas

Para cuantificar el efecto de la poda y la aplicación invernal de giberelinas sobre la intensidad de floración y el cuajado de los frutos, se realizó un tratamiento de GA_3 con una concentración de 200 ppm (García *et al.* 1986), en el reposo invernal inmediatamente antes de la brotación (T1), además ello se efectuó una poda en invierno, inmediatamente antes de la brotación (mediados de agosto) (T2) y ambos tratamientos se compararon con un tratamiento control (T0).



4.6.2. Efecto sobre el cuajado de frutos

Rayado de ramas, poda y aplicación foliar de giberelinas, urea y sacarosa al momento de la caída de pétalos

Se observó el efecto sobre el cuajado de frutos y mejora del tamaño en respuesta a la aplicación foliar de giberelinas (GA_3) (20 ppm) en el estado de caída de pétalos (F5) (T1), del rayado de ramas principales 20 días después del mismo (T2) y combinación los dos tratamientos previos, esto es aplicación de giberelinas (20 ppm) a la caída de pétalos y rayado de ramas 20 días más tarde (T3). En el estado fenológico de caída de pétalos (F5), a un grupo de 5 plantas tomadas al azar se les aplicó foliarmente una solución de sacarosa (azúcar refinada) al 10% (T4), a otras 5 plantas nitrógeno en forma de urea de bajo Biuret a razón de 10 g planta^{-1} (T5), además se aplicaron ambos tratamientos (T6) y por último se realizó una poda en plena floración (mediados de septiembre) (T7). Los tratamientos se compararon con plantas sin tratar, control (T0).

4.7. Diseño Experimental

El cálculo de los valores promedios y de los errores estándar de los 3 años de estudio, se realizó sobre el conjunto de datos correspondientes a las repeticiones de cada año.

Para los tratamientos realizados durante el año 2010 se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 repeticiones por tratamiento (5x5). La unidad experimental la constituyó un árbol.

Se realizó el test de correlación entre las variables climáticas y la intensidad de floración, los tipos de brotes, el cuajado de frutos y la producción obtenida. También se estableció la relación entre los parámetros meteorológicos durante el período de floración y la primera etapa de crecimiento del fruto y la caída de estructuras reproductivas durante ese período.



Los datos fueron procesados en el software Infostat (2008). A cada variable se le efectuó un análisis de la varianza, utilizándose el test de rangos múltiples de LSD para la separación de medias para comparar los diferentes tratamientos. Para establecer diferencias entre los tratamientos, se fijó un nivel del 5% de significancia.



5) RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Condiciones ambientales

La evolución de la temperatura mensual máxima, media y mínima del 2008 al 2011 (Figura 2) (Anexo 1), fueron representativos del clima templado de nuestra región (Tabla 1). Si bien existen diferencias entre años, de manera general, las marcadas diferencias térmicas para esta región entre los meses invernales y estivales definen dos períodos anuales para el ciclo de los cultivos perennes: el reposo invernal y el período de actividad vegetativa (primavera, verano y otoño).

Las temperaturas máximas medias mensuales variaron entre 16,8 °C y 33,7 °C. Por lo que, no presentaron restricciones al desarrollo del cultivo, debido a que la actividad fotosintética es reducida a partir de los 35 °C (Pimentel *et al.*, 2007). Las temperaturas mínimas medias mensuales estuvieron entre 4,13 °C y 19,7 °C. El umbral mínimo de temperatura para el desarrollo del cultivo es de 13 °C (Goldschmidt & Koch, 1996). En este sentido, las temperaturas medias mínimas desde abril a septiembre, de todos los años, además de octubre en 2010, no lograron este valor. Tampoco lo alcanzaron las temperaturas medias de junio del 2008, junio y julio del 2009 y de junio a agosto del 2010.

Las precipitaciones anuales variaron entre 708 mm, en el 2008 y 1281 mm, en el 2009, en los demás años se registraron valores intermedios. Mientras que la evapotranspiración (ETP) anual estimada tuvo valores entre 1150 y 1181 mm anuales (Anexo 2). Las necesidades hídricas estimadas de los cítricos equivalen a una pluviometría anual entre 750 y 1200 mm pero con una adecuada distribución (Agustí, 2003). La distribución de esta variable climática no es uniforme en la zona (Tabla 1), como tampoco lo fue al analizar los registros meteorológicos medidos en este estudio (Fig. 3). Se distingue una época de bajos registros pluviométricos (en invierno) y otra de mayores precipitaciones (primavera-verano-otoño).

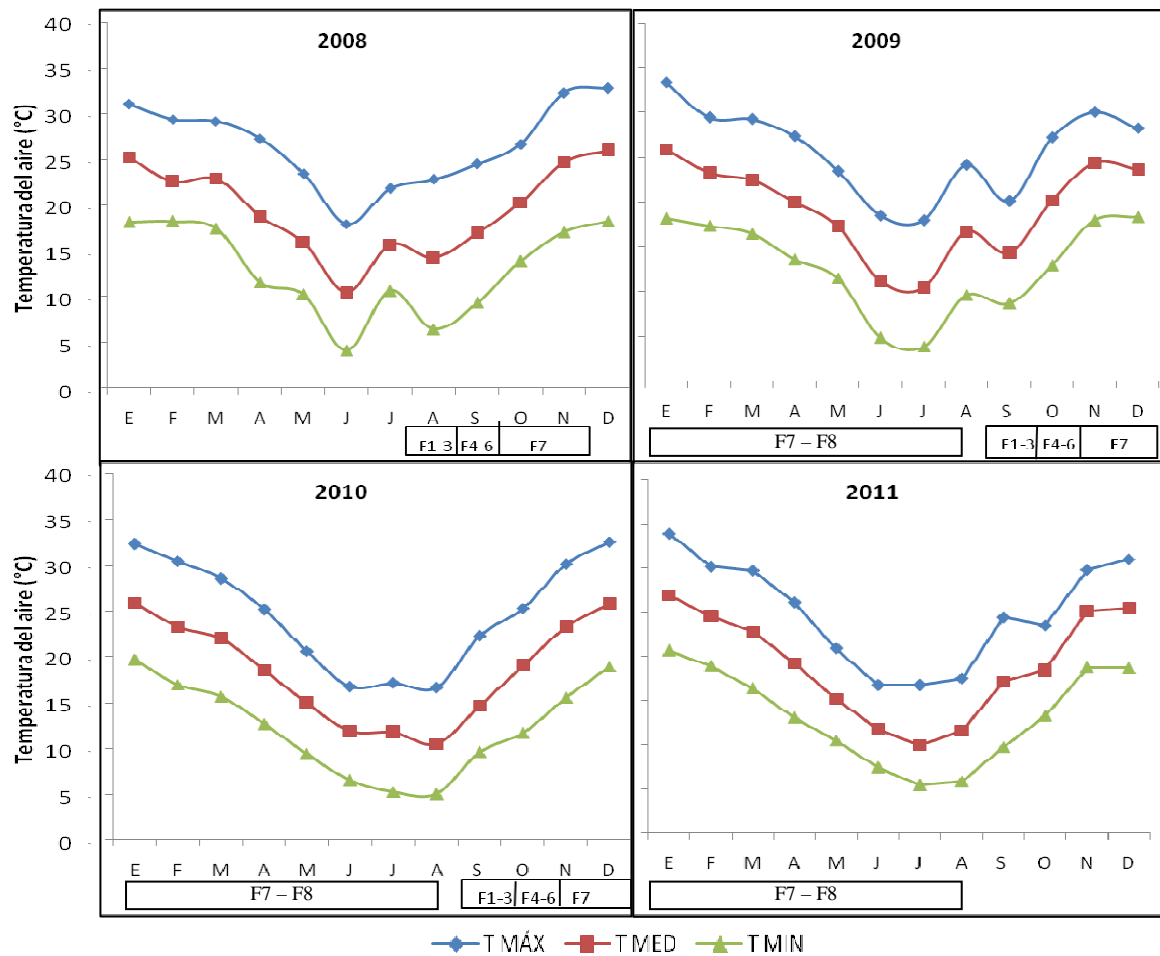


Figura 2: Temperatura mensual máxima, media y mínima registradas en la localidad de Esperanza (Santa Fe) (período 2008-2011). En la Figura se indica el momento de ocurrencia de los estados de inicio de floración (F1-3), plena floración (F4-6), cuajado de frutos (F7) y maduración del fruto (F8).

En la Figura 3 se puede observar que en el año 2008 la evapotranspiración real (ETR) no alcanzó los valores de ETP, principalmente entre los meses de mayo a septiembre, noviembre y diciembre, debido al balance hídrico negativo generado por el bajo registro de precipitaciones (Pp) y el escaso nivel de almacenamiento de agua en el suelo (Anexo 3). En el año 2009 las diferencias entre la ETP y la ETR disminuyeron a partir del mes de febrero y ocurrieron momentos de déficit hídrico en los meses de mayo, junio, agosto y octubre. En el año 2010 el déficit hídrico se desarrolló desde junio hacia el resto del año. Además se pudo observar que, en todos los ciclos productivos evaluados, que los momentos de inicio de



floración, plena floración y cuajado de frutos coinciden con periodos de restricción hídrica (a excepción del año 2009). El exceso de agua, indica el excedente, en mm, que resulta luego de que las Pp fueron suficientes para satisfacer la ETP y aún recargar el perfil del suelo (ver Anexo 3). Esto ocurrió en marzo de 2009, desde noviembre a marzo del período 2009/10 y de enero a abril del 2011. Estos períodos se corresponden con la etapa de desarrollo y maduración de los frutos (F7-F8).

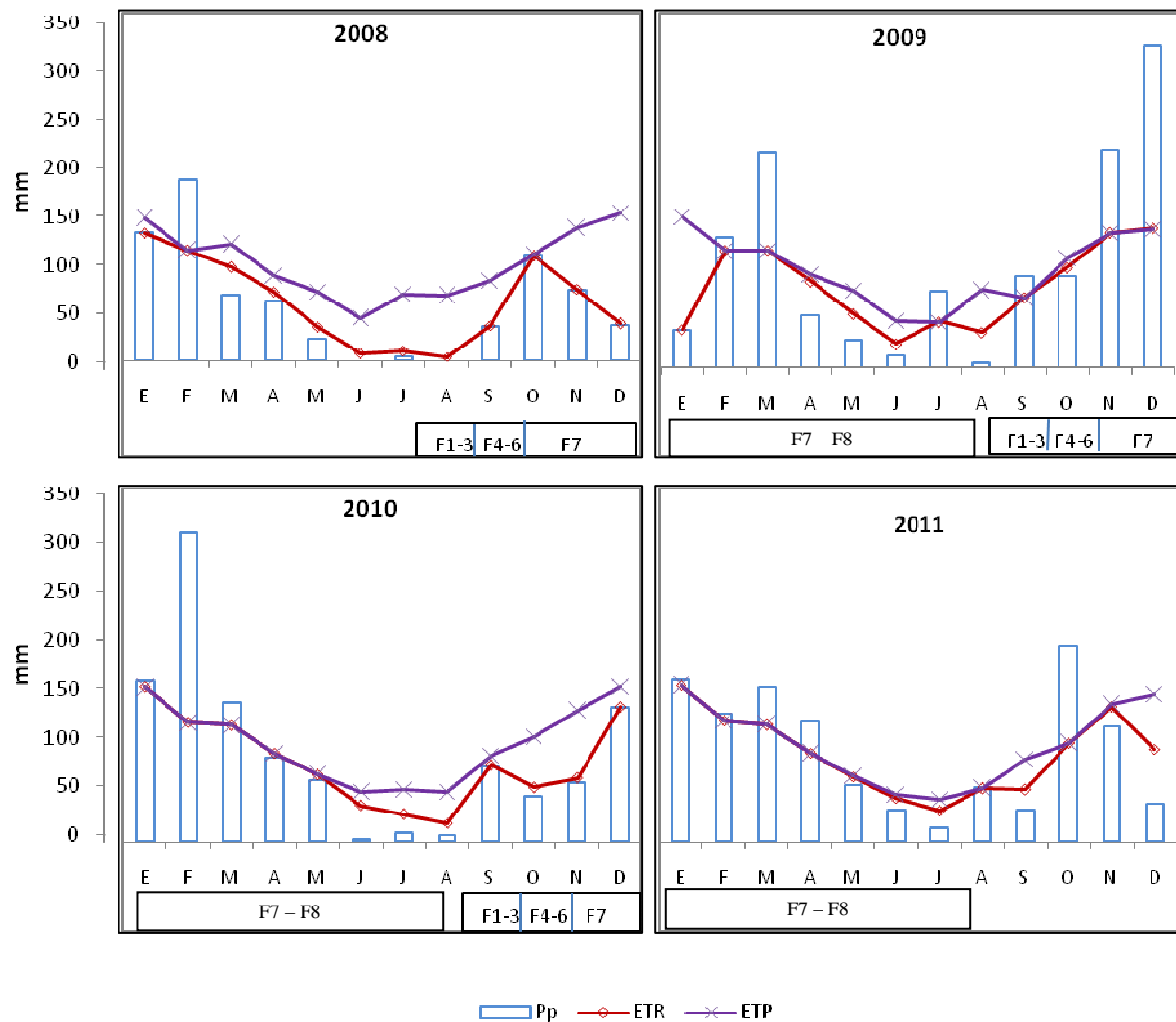


Figura 3: Precipitación (Pp), evapotranspiración real (ETR) y evapotranspiración potencial (ETP) del período 2008-2011, en la localidad de Esperanza (Santa Fe). Se indican los estados reproductivos (F1: inicio floración, F4: plena floración, F7: cuajado de frutos y F8: maduración de frutos).



Para comparar climáticamente las localidades productoras de cítricos más cercanas a nuestra región productiva (31° 26' S; 60° 56' W), se utilizaron las variables de temperaturas medias mensuales y de precipitaciones medias mensuales. Las localidades evaluadas fueron: Concordia (31° 03' S; 58° 1' W), San Pedro (33° 41' S; 59° 40' W) y Reconquista (29° 11' S; 59° 39' W) (Fig. 4 y Anexo 4).

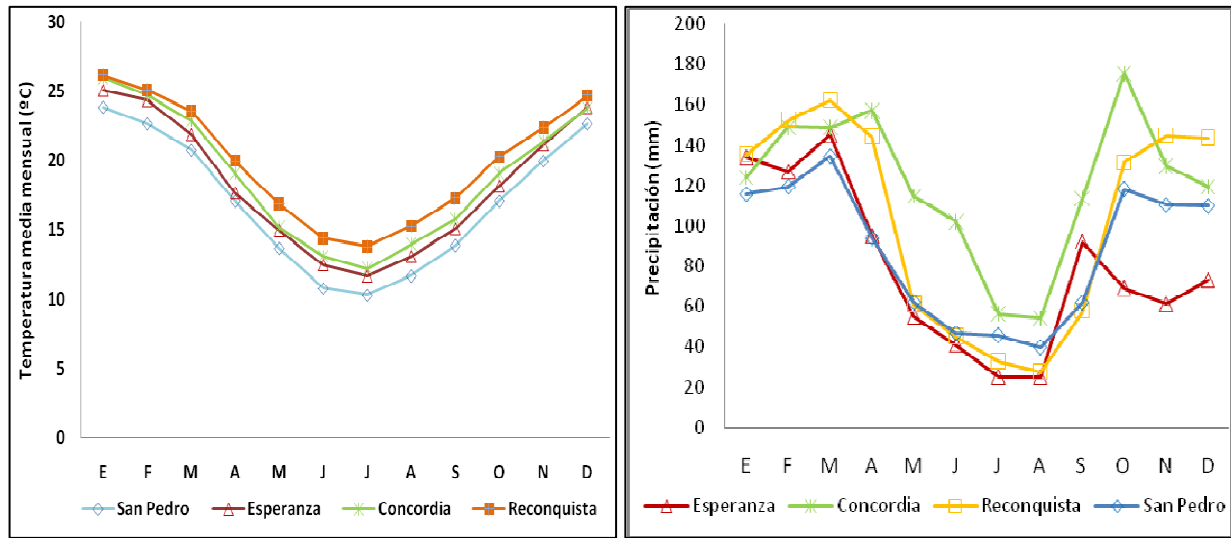


Figura 4: Regímenes de temperatura media mensual y precipitación media mensual de Esperanza, San Pedro, Concordia y Reconquista.

Los valores de temperatura media mensual de Concordia son los que más se aproximan a los de Esperanza, y coinciden con el nivel de latitud (31° sur). La localidad más al norte (Reconquista) presenta temperaturas más elevadas y lo contrario ocurre con San Pedro.

En cuanto a la distribución de la Pp, no existen diferencias significativas entre localidades desde el mes de enero hasta marzo. En el mes de abril, se registran en Esperanza valores similares a San Pedro y, a partir de allí, hasta agosto tampoco se observan diferencias con Reconquista. En este período Concordia presenta los registros mayores. Desde septiembre a diciembre los valores de Esperanza son muy inferiores a las demás localidades comparadas, y estos meses son de importancia para determinar el cuajado de frutos en cítricos, lo cual justificaría la utilización de riego complementario en nuestra región.



5.2. Fenología

Con respecto al comportamiento fenológico de la brotación de primavera, no se encontraron diferencias entre variedades (ver Anexo 5) pero sí entre los años (Tablas 3 y 4).

El inicio de brotación (B1) y floración (F1,0) ocurrió de manera precoz en el año 2008 en comparación con los demás años, y fue más tardío en el 2010. Lo mismo se verificó con los demás estados fenológicos hasta completar la brotación y el desarrollo de las hojas (B2 a B6) y la floración hasta el establecimiento de frutos (F1,1 a F7). Esto se puede deber a que, en el mes de julio del 2008 se registró una mayor temperatura media del aire (15,7 °C) en comparación con los años 2009 y 2010 (10,5 °C y 11,8 °C respectivamente) (Figura 2), lo cual pudo haber estimulado la brotación de las yemas (Goldschmidt & Koch, 1996). Así mismo, la temperatura media del suelo en el mes de julio del 2008 fue de 14,9 °C (Anexo 1), lo cual activaría el metabolismo radicular y en consecuencia estimularía la brotación de las yemas, ya que la temperatura base para el inicio de la actividad radicular es de 12 °C (Davenport, 1990; Scholberg *et al.*, 2002). Mientras que, en los años 2009 y 2010 este valor de temperatura fue superado a partir de agosto (14,9 °C), y septiembre (16,8 °C) respectivamente.

Luego de la brotación ocurrida en el año 2008 se registraron heladas tardías de baja intensidad y duración. El 13 y el 18 de agosto fueron de -0,5 °C, el 7 y 13 de septiembre fueron de -1,7 °C y -0,2 °C, respectivamente. El daño causado por heladas en cítricos depende de su intensidad y duración, la sensibilidad de los órganos expuestos y las condiciones ambientales previas a la ocurrencia del fenómeno. Según Agustí (2003) los *Citrus* pueden resistir - 2 °C sin sufrir daños importantes. En nuestro caso no se observaron daños en esta brotación. A diferencia de lo ocurrido en el año 2008, no se registraron heladas luego del inicio de la brotación en los años 2009 y 2010.



Tabla 3. Fecha media de ocurrencia de los estados fenológicos de brotación de variedades de cítricos cultivadas en la región central de Santa Fe.

Año	B1	B2	B3	B3-4	B4	B5	B6
2008	06 ago c	14 ago c	23 ago b	01 sep c	16 sep c	29 sep b	10 oct b
2009	28 ago b	11 sep b	22 sep a	28 sep b	03 oct b	18 oct a	31 oct a
2010	06 sep a	19 sep a	28 sep a	05 oct a	12 oct a	21 oct a	02 nov a

Referencias: B1: brotes iniciales, B2: brotes alargándose, B3: brotes alargándose con hojas creciendo, B3-4: brotes alargados con hojas creciendo, B4: hojas alcanzando el tamaño final, B5: brotes y hojas madurando y B6: hojas desarrolladas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre años, según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$), para las variedades: *Washington navel*, *Lanelate*, *New hall*, *Navelina*, *Delta seedless*, *Valencia late*, *Midknigh*, *Salustiana*, *Clemenules*, *Satsuma*, *Murcott* y *Ellendale*.

Tabla 4. Fecha media de ocurrencia de los estados fenológicos de floración de variedades de cítricos cultivadas en la región central de Santa Fe.

Año	F1,0	F1,1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
2008	06 ago c	13 ago b	20 ago c	31 ago c	04 sep c	11 sep c	24 sep c	05 oct c
2009	31 ago b	09 sep a	17 sep b	26 sep b	29 sep b	05 oct b	12 oct b	26 oct b
2010	11 sep a	18 sep a	24 sep a	01 oct a	06 oct a	14 oct a	19 oct a	30 oct a

Referencias: F1,0: botones florales iniciales verdes, F1,1: botones florales blanquecino-verdosos, F2: botones florales blancos, F3: botones florales abriéndose, F4: flores abiertas, F5: flores con caída de pétalos, F6: flores con pétalos caídos, F7: frutos cuajados. Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre años, según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$), para las variedades: *Washington navel*, *Lanelate*, *New hall*, *Navelina*, *Delta seedless*, *Valencia late*, *Midknigh*, *Salustiana*, *Clemenules*, *Satsuma*, *Murcott* y *Ellendale*.

El completo desarrollo de todas las fases fenológicas de la brotación de primavera, en esta región, tuvo una duración de dos meses aproximadamente, para todas las variedades en estudio. Esto coincide con lo indicado por Sylvertsen & Lloyd (1994).

Similares resultados a los encontrados en esta evaluación fueron informados por el INTA Concordia (Frutic, 2010). Del mismo modo, en las condiciones de Uruguay (Gravina, 1999), reportó que el inicio de la brotación de primavera ocurrió a fines del mes de agosto, con dos semanas de adelanto en la zona norte con respecto a la zona sur, con una duración de tres a cuatro semanas. La plena floración se



registró en el mes de octubre, de cuatro a seis semanas después del inicio de brotación; la abscisión de estructuras reproductivas se produjo desde la aparición de botones florales hasta el mes de diciembre.

Se encontraron diferencias extremas de 35 días entre años, en el inicio de la brotación y la floración y esas diferencias disminuyeron a 22 días al completar la brotación. En cuanto a la fecha de inicio de recolección no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre años pero sí entre variedades (Tabla 5), sin embargo se observó una demora en el inicio de la cosecha desde el año 2009 al 2011 (ver Anexo 6). Estos resultados coinciden con Gariglio *et al.* (2012) quienes estudiaron el comportamiento fenológico de 15 variedades de durazneros, durante nueve años, en la región central de Santa Fe y observaron que los datos extremos de la ocurrencia de cada etapa fenológica disminuyeron con el avance del ciclo del cultivo, desde 35 días en el inicio de la floración, a 21 días en el cuajado de frutos y 11 días a la cosecha y atribuyeron tal efecto a la variabilidad entre años de las temperaturas medias, principalmente de los meses de mayo, junio, julio y agosto. Al mismo tiempo observaron que la mayor acumulación térmica, en los meses de mayores temperaturas medias (desde septiembre a abril) permitió compensar las diferencias en la fenología entre años en un lapso menor de días, reduciendo su variabilidad, además de la menor variabilidad climática de estos meses (Anexo 1). Esto puede explicar por qué la diferencia en la ocurrencia de los eventos fenológicos entre los años fue disminuyendo con el avance del ciclo de cultivo.

Tabla 5. Fecha media de inicio de cosecha en variedades de naranjas, mandarinas e híbridos, cultivadas en la región central de Santa Fe.

<i>Satsuma</i>	<i>Clemenules</i>	<i>Navelina</i>	<i>New hall</i>	<i>Washington navel</i>	<i>Salustiana</i>	<i>Ellendale</i>	<i>Murcott</i>	<i>Lane-late</i>	<i>Midknigh</i>	<i>Delta seedless</i>	<i>Valencia late</i>
22 mar ± 25	15 abr ± 12	24 abr ± 8	27 abr ± 10	1 may ± 15	5 may ± 12	8 jul ± 18	5 jul ± 20	19 jun ± 12	22 ago ± 10	26 ago ± 12	22 sep ± 15
a	b	b	b	b	b	c	c	c	d	d	e

Valores promedios y desvío estándar del período 2009-11. Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre variedades según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).



Las variedades en estudio permiten obtener una oferta de fruta fresca en la región durante un periodo aproximado de siete meses. La recolección comienza con las mandarinas *Satsuma* y *Clemenules*, siguen las naranjas *Washington navel*, *Salustiana* y *Lanelate*, continúa con los híbridos *Ellendale* y *Murcott*, y finaliza con las naranjas de jugo *Midknight*, *Delta seedless* y *Valencia late*.

Gravina (1999) y Carrau (2005a) en Uruguay reportaron el período de cosecha de las principales variedades de manera similar a lo observado en nuestra región. Así mismo, la época de recolección de las diferentes variedades de naranjas y mandarinas en España (hemisferio norte) comienza a mediados de septiembre con *Satsuma* y finaliza en mayo con *Valencia late* (Agustí, 2003).

5.2.1. Requerimientos térmicos

Al analizar los grados días de crecimiento (GDD) y los grados días de crecimiento acumulados (GDDA) requeridos para el inicio de brotación, el alargamiento de brotes y crecimiento de hojas (B1-B4), maduración y completo desarrollo de los brotes y hojas (B5-B6), no se encontraron diferencias entre variedades (Anexo 7) pero sí entre los años (Tabla 6), excepto en los estadios B5 y B6, que no hubo diferencias entre 2009 y 2010. En cuanto a las etapas correspondientes al desarrollo de la floración (F1-F7), tampoco se observaron diferencias entre variedades pero sí entre los años, notándose un requerimiento en GDD y GDDA mayor desde el 2008 al 2010 (Tabla 7).



Tabla 6. Grados días de crecimiento (GDD y GDDA) en °C, requeridos para completar las etapas fenológicas de brotación, de variedades de cítricos, cultivadas en la región central de Santa Fe.

Año	B1		B2		B3		B3-4		B4		B5		B6	
	GDD	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	
2008	235 c	15 c	250 c	16 b	266 c	27 b	293 c	50 a	343 c	69 b	412 b	55 c	467 b	
2009	280 b	46 c	326 b	25 b	351 b	51 a	402 b	42 a	444 b	92 a	536 a	134 a	670 a	
2010	320 a	30 a	350 a	49 a	399 a	44 a	443 a	46 a	489 a	65 b	554 a	97 b	651 a	

Valores promedios las variedades: *Washington navel*, *Lanelate*, *New hall*, *Navelina*, *Delta seedless*, *Valencia late*, *Midknigth*, *Salustiana*, *Clemenules*, *Satsuma*, *Murcott* y *Ellendale*. Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre años, según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Tabla 7. Grados días de crecimiento (GDD y GDDA) en °C, requeridos para completar las etapas fenológicas de floración, de variedades de cítricos, cultivadas en la región central de Santa Fe.

Año	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
	GDD	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	GDD	GDDA	
2008	239 c	23 b	262 c	29 b	291 c	17 b	308 c	23 b	331 c	44 a	375 c	66 b	441 c	
2009	297 b	43 a	340 b	44 a	384 b	23 ab	407 b	32 b	439 b	36 a	475 b	122 a	597 b	
2010	326 a	53 a	379 a	33 ab	412 a	31 a	443 a	49 a	492 a	47 a	539 a	102 a	641 a	

Valores promedios de las variedades: *Washington navel*, *Lanelate*, *New hall*, *Navelina*, *Delta seedless*, *Valencia late*, *Midknigth*, *Salustiana*, *Clemenules*, *Satsuma*, *Murcott* y *Ellendale*. Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre años, según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Si bien las primeras etapas de la brotación y floración (B1-B3 y F1-F3) ocurrieron en diferentes momentos cronológicos (Tablas 3 y 4), la temperatura media del aire registrada en agosto del 2008 fue similar a las de septiembre de los años 2009 y 2010 (14,3 °C, 14,4 °C y 14,7 °C respectivamente). Por lo tanto, las diferencias en los requerimientos en GDD entre años quizás se pueden atribuir a la mayor edad fisiológica de las plantas, ya que pasaron a poseer de 7 a 9 años desde el momento de la plantación. Ésta representa una etapa de transición en los árboles frutales cítricos, donde se considera que están en fase de ‘entrada a producción’, en la cual los árboles continúan creciendo pero a la vez, la floración y fructificación es progresiva y en aumento, hasta alcanzar el período de ‘plena producción’ y lograr un equilibrio con producciones estables y continuadas (Agustí, 2004).



Además, las diferencias se podrían deber a que el desarrollo fenológico, si bien responde directamente a los requerimientos térmicos, también puede ser influenciado por otros factores ambientales como: fotoperíodo, disponibilidad de agua y nutrientes (principalmente nitrógeno), concentración atmosférica de CO₂ y radiación solar. El tiempo térmico es un modelo cuantitativo útil como herramienta para el análisis de las plantas en respuesta a la temperatura pero no describe los procesos biológicos involucrados, ya que las plantas no responden al tiempo térmico sino a las condiciones térmicas a las que se hayan expuestas en cada momento de su ciclo (Andrade *et al.*, 1996).

Por otro lado, la temperatura base difiere según el material genético y la etapa ontogénica (Arnold, 1959; Andrade *et al.*, 1996), por lo que las diferencias entre años podrían minimizarse si se ajustaría la temperatura base a cada variedad y etapa fenológica, ya que se consideró de manera general 13 °C para todos los casos (Goldschmidt & Koch, 1996; Pimentel *et al.*, 2007).

En los GDDA requeridos para el inicio de cosecha (Tabla 8) no se encontraron diferencias entre los distintos años (Anexo 8) pero lo contrario ocurrió entre las variedades en estudio.

Tabla 8. Requerimientos de GDDA en °C, para el inicio de cosecha en variedades de naranjas, mandarinas e híbridos, cultivadas en la región central de Santa Fe.

<i>Satsuma</i>	<i>Clemenules</i>	<i>New hall</i>	<i>Navelina</i>	<i>Washington navel</i>	<i>Salusiana</i>	<i>Lane-late</i>	<i>Ellendale</i>	<i>Murcott</i>	<i>Midknight</i>	<i>Delta seedless</i>	<i>Valencia late</i>
2325	2506	2567	2556	2593	2606	2730	2786	2792	2864	2870	2963
f	e	d	d	d	d	cd	bc	bc	b	ab	a

Valores promedios del período 2009-11. La letra común indica que no existen diferencias significativas entre variedades, según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Entre la cosecha de la primera variedad y la última sólo se acumula un 26 % más de GDD y son requeridos más de seis meses de tiempo cronológico (Tabla 5). Esto se debe a que las temperaturas



medias de los meses del período invernal no superan los 13 °C (Fig. 2), valor éste considerado como temperatura umbral para el desarrollo del fruto (Iglesias *et al.*, 2007).

Estos resultados son importantes para predecir el momento de inicio de cosecha como también para comparar regiones productivas. Similares resultados a los encontrados en esta zona fueron reportados por Rivadeneira (2010) en las condiciones de Concordia (Entre Ríos), con las variedades de naranja *New hall*, *Lanelate*, *Valencia late* y *Salustiana*, mandarinas *Satsuma-Okitsu*, *Clemenules* y los híbridos *Ellendale* y *Nova*, sobre pie de injerto *Poncirus trifoliata*.

5.3. Caracterización de la brotación primaveral e intensidad de floración

5.3.1. Inducción floral

En la Tabla 9 se exponen las variables ambientales, consideradas como factores de inducción floral en *Citrus* (temperaturas < 13 °C y la deficiencia hídrica), desarrolladas en nuestra región en el período de reposo invernal, durante los ciclos productivos caracterizados. En la misma, se presenta la temperatura media del mes de julio (T° MED julio) y el número de horas debajo de la T° base (NH<TB) estimadas, la cual es función de la primer variable (T° MED julio). Además, se puede comparar el NH<TB estimadas con las que resultan del conteo de horas con temperaturas inferiores a 13 °C y con horas debajo de 15 °C, ya que algunos autores consideran este último umbral de temperatura por debajo del cual se induce a floración (Southwick & Davenport, 1986; Lovatt *et al.*, 1988b).

Según el NH<TB el efecto inductivo fue aumentando desde el 2008 al 2010. Si se considerarían las temperaturas por debajo de 15 °C esto resultaría en 284 horas de frío adicionales en promedio de los tres años. Con respecto al efecto del déficit hídrico (DEFH) se observó un desarrollo inverso a las temperaturas (Tabla 9).



En el año 2008 la temperatura media del aire del mes de julio fue de 15,7 °C y el NH<TB por fórmula subestimó el NH<TB obtenidas por el registro de las temperaturas horarias. Lo contrario ocurrió en los años 2009 y 2010 con temperaturas del mes de julio de 10,5 °C y 11,8 °C respectivamente (Tabla 9). Por lo tanto este modelo de estimación de NH<TB no ajusta correctamente al NH<TB registrados en la zona. Esto pudo haber ocurrido debido a que los autores (Vasconcelos-Ribeiro *et al.*, 2006) la establecieron sobre un rango muy acotado de T° MED julio, por tener la ordenada al origen de 4482,88.

Tabla 9. Condiciones ambientales inductivas* del período de reposo invernal durante los años evaluados.

	T° MED julio (°C)	NH<TB estimada (°C)	NH<TB 13 °C	NH<TB 15 °C	DEFH (mm)
2008	15,7	846	1016	1272	- 128
2009	10,5	2053	1411	1717	- 88
2010	11,8	1757	1522	1813	- 70

*Valores medios de la temperatura de aire del mes de julio, número de horas debajo de la temperatura base (NH<TB) de 13 °C estimada por fórmula [$NH<TB = 4482,8811 - (231,2112 * T° \text{ MED julio})$] y por conteo según la temperatura horaria y NH<TB debajo de 15 °C. Deficiencia hídrica (DEFH) en mm, según el balance hídrico climatológico. Para el año 2008 se consideró el período mayo-julio y en 2009-2010 mayo-agosto.

En un estudio sobre las condiciones ambientales para la inducción floral en el estado San Pablo (Brasil) consideraron un efecto fuerte cuando el NH<TB estimado fue mayor a 300 y, con respecto al DEFH, cuando éste superaba los 70 mm (Vasconcelos-Ribeiro *et al.*, 2006). En nuestra región se puede observar, en todos los años en estudio, que ambos factores fueron intensos (Tabla 9) y además podrían ejercer una influencia aditiva (Southwick & Davenport, 1986), lo cual expone a las plantas a condiciones severas de estrés que pueden provocar la caída de las hojas (Koshita & Takahara, 2004).

Estos resultados son similares a los encontrados en la costa Este de Uruguay por Rivas *et al.* (2004), quienes contabilizaron horas entre 8 y 15 °C de mayo a agosto siempre superiores a 1300, considerándolas como promotoras de altas intensidades de floración, durante tres años evaluados.



La inducción floral no solo es determinada por factores exógenos o ambientales sino que además intervienen factores propios de la planta como ser: el nivel de giberelinas en la copa (debido a la edad del árbol, el retraso en la cosecha y/o la carga previa), el nivel nutricional, principalmente la concentración de nitrógeno y de carbohidratos solubles en las hojas (Goldschmidt & Golomb, 1982; Lovatt *et al.*, 1988a; Krajewsky & Rabe, 1995; Koshita *et al.*, 1999; De Souza Prado *et al.*, 2007).

5.3.2 Intensidad de floración

Los valores de intensidad de floración (IF) fueron muy variables entre las variedades (Anexo 9) y entre los años en evaluación (Tabla 10).

Tabla 10. Intensidad de floración (flores cada 100 nudos) en función de las variedades y años evaluados.

Año	<i>Satsuma</i>	<i>Clemenules</i>	<i>Ellendale</i>	<i>Washington navel</i>	<i>Lane-late</i>	<i>Salustiana</i>	<i>Midknighth</i>	<i>Delta seedless</i>	<i>Valencia late</i>
2008	45 b	55 c	225 a	368 a	377 a	47 c	285 a	254 b	89 c
2009	77 ab	94 b	207 a	286 b	371 a	97 b	226 b	349 a	316 a
2010	101 a	191 a	sd	144 c	124 b	238 a	158 c	237 b	255 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre años, según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$). Sd: sin dato.

Al relacionar la IF con los factores de inducción (Tabla 9) esto resulta en una respuesta positiva al NH<TB por parte de *Satsuma*, *Clemenules* y *Salustiana*, y en una respuesta inversa a este factor, o bien, a una respuesta positiva en relación al DEFH por parte de *Washington navel*, *Lanelate* y *Midknighth*, mientras que no se observó relación entre estos parámetros en *Delta Seedless*, *Valencia late* y *Ellendale*.

Según Guardiola *et al.* (1993) IF entre 20 y 70 flores cada 100 nudos aseguran una buena cosecha. Valores dentro de este rango sólo se registraron en el año 2008 en las variedades *Satsuma*, *Clemenules* y *Salustiana*. Por debajo de ese rango se compromete la producción aunque el cuajado de frutos sea alto, esto no ocurrió con ninguna de las variedades y años evaluados (Tabla 10). Cuando la IF



es superior a 70 flores/100 nudos provoca una abscisión masiva de estructuras reproductivas (Gravina, 1999), tal como fue registrado en las restantes variedades y años estudiados en la región central de Santa Fe.

En experimentos con el híbrido *Nova* de 5 a 7 años de edad, en la costa este de Uruguay, durante tres años, obtuvieron un rango de IF entre 49 y 344 flores/100 nudos (Rivas *et al.*, 2004). Estos son valores similares a los de este estudio. Gravina *et al.* (2000) encontraron en la variedad *Salustiana*, IF muy inferiores a las mencionadas anteriormente (en España valores de 0 a 20 flores cada 100 nudos y en Uruguay entre 20 y 46). Ambos autores atribuyeron las oscilaciones de la densidad de floración a la alternancia de las cosechas, debido al efecto inhibitorio de los frutos sobre el proceso de inducción floral.

5.3.3. Tipos de brotes según las variedades

Los resultados evidenciaron que la proporción de los distintos tipos de brotes respondieron al componente genético pero además variaron según la influencia del año (Tabla 11). El análisis estadístico sobre esta variable se presenta en el Anexo 9.

La variedad *Clemenules* se caracterizó por el tipo brote campanero (BC). Otras variedades que lo desarrollaron en intensidad, en el año 2008, fueron *Ellendale* y *Satsuma*. En las demás variedades este tipo de brote no tuvo una representación importante, el cual tiene las mayores probabilidades de cuajado (Lovatt *et al.*, 1988b).

El ramo mixto (RM) fue más frecuente en las variedades *Delta seedless*, *Midnight*, *Valencia late*, *Washington navel*, *Lanelate* y *Ellendale*. Además, se registró un elevado porcentaje en *Salustiana* (en 2009 y 2010), *Clemenules* (en el año 2010) y no fue relevante en *Satsuma*.



Tabla 11. Tipos de brotes según variedades y años.

<i>variedad</i>	<i>Año</i>	<i>% FC</i>	<i>% RM</i>	<i>% FS</i>	<i>% RF</i>	<i>% BV</i>	<i>% SB</i>	<i>% múltiples</i>
<i>Washington navel</i>	2008	3	33	9	32	3	26	5
	2009	5	36	37	21	1	25	23
	2010	5	25	7	11	17	46	10
<i>Lanelate</i>	2008	1	29	10	34	3	31	8
	2009	6	47	31	13	6	23	23
	2010	9	17	8	16	11	43	3
<i>Salustiana</i>	2008	10	7	4	0	22	58	0
	2009	2	17	11	2	16	54	1
	2010	9	25	8	14	15	36	5
<i>Delta seedless</i>	2008	11	38	3	15	2	34	3
	2009	0	56	9	22	0	16	3
	2010	4	46	10	10	11	32	12
<i>Midknigth</i>	2008	10	39	8	18	3	26	4
	2009	16	39	13	7	6	32	13
	2010	9	32	6	12	7	40	5
<i>Valencia late</i>	2008	8	15	0	5	17	55	0
	2009	4	46	2	13	6	30	0
	2010	8	41	14	6	31	25	25
<i>Clemenules</i>	2008	36	3	10	0	35	16	0
	2009	62	2	21	1	12	21	18
	2010	43	36	23	0	12	29	38
<i>Satsuma</i>	2008	25	6	2	0	23	44	0
	2009	17	2	56	1	9	26	9
	2010	0	3	42	1	3	24	21
<i>Ellendale</i>	2008	32	21	38	16	9	10,9	32
	2009	11	26	44	14	2	15	28

Referencias: FC: flor campanera, RM: ramo mixto, FS: flor solitaria, RF: ramillete floral, BV: brote vegetativo, SB: yema sin brotar.

Las variedades que se caracterizaron por producir brotes de flor solitaria (FS) fueron *Satsuma*, *Ellendale* y *Clemenules*. Además, en el año 2009, lo desarrollaron en mayor densidad las variedades *Washington navel* y *Lanelate*.



El ramillete floral (RF) fue registrado principalmente en las variedades *Lanelate*, *Washington navel* y *Midknight* (en el año 2008). También se observó un alto porcentaje de este tipo de brote en *Delta seedless*, en la brotación del 2009.

Los brotes vegetativos (BV) fueron encontrados frecuentemente en *Clemenules* y *Salustiana*. En el 2008 fueron importantes en *Satsuma* y *Valencia late*. Además, se observaron altos porcentajes en *Washington navel*, en el 2010.

En cuanto a la proporción de yemas sin brotar, se destacó la variedad *Salustiana*, mientras que los menores valores correspondieron a *Ellendale* y *Clemenules*. Las demás variedades presentaron valores intermedios.

Se observó el desarrollo de brotes múltiples (dobles y triples) principalmente en *Ellendale*, *Washington navel*, *Lanelate*, *Clemenules* y *Midknight* en los años 2009 y 2010.

5.3.4. Relaciones entre la intensidad de floración y los tipos de brotes

Según Lovatt *et al.* (1988b) la intensidad de floración (IF) está determinada por la proporción de los diferentes brotes y el número de flores de las inflorescencias, esto es acorde a los resultados obtenidos en todas las variedades de cítricos estudiadas, ya que se encontró una elevada relación entre la IF y el porcentaje de RM y RF (Fig. 5 y 6) y una relación negativa entre la IF y el porcentaje de BV (Fig. 7). No se observó correlación significativa entre la IF y el tipo de brote de flor campanera y flor solitaria.

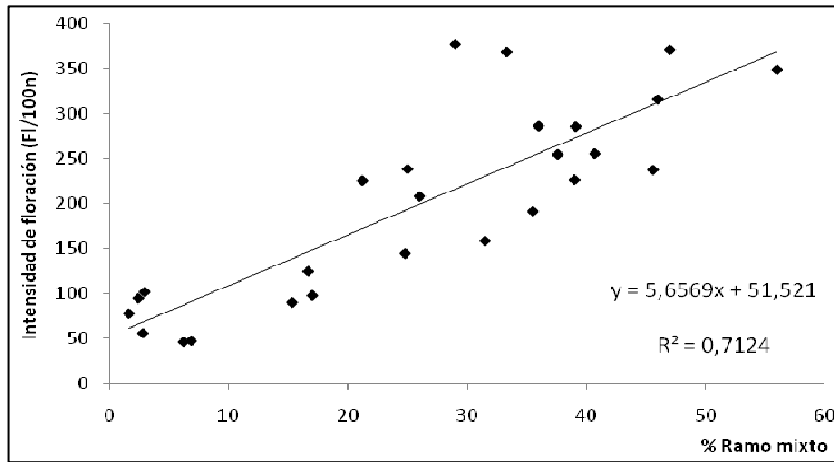


Figura 5: Relación entre la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y el porcentaje de ramos mixtos.

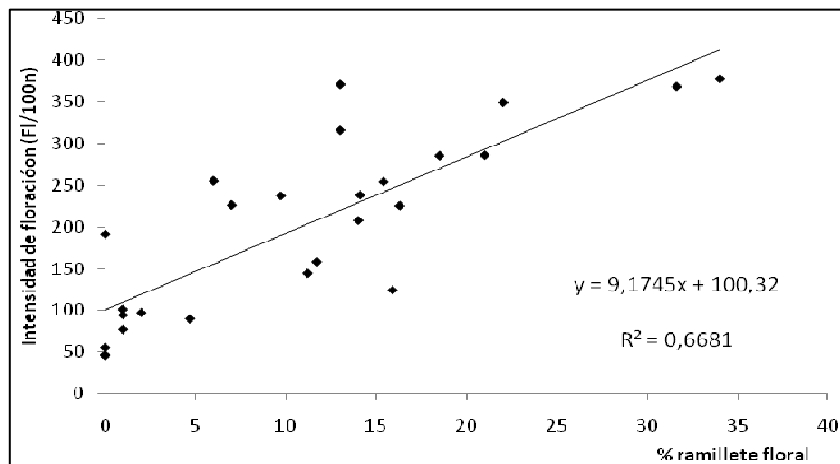


Figura 6: Relación entre la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y el porcentaje de ramilletes florales.

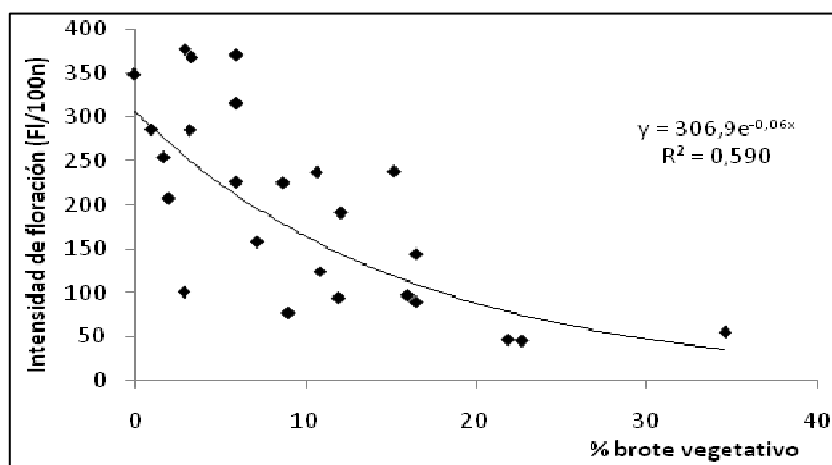


Figura 7: Relación entre la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y el porcentaje de brotes vegetativos.



Rivas *et al.* (2004) encontraron similares relaciones entre la IF y los BV y RF, ya que observaron que cuando la intensidad de floración pasaba de mediana a alta, los BV disminuían de 27,6 % a 0,1 % ($R^2 = -0,89$) y los RF aumentaban de 9,3 a 57 % ($R^2 = 0,82$). Sin embargo, no encontraron una relación clara con los RM y las FS que se mantuvieron en promedio en 20 % y 25 % respectivamente.

Resultados similares a los de este trabajo fueron encontrados por Gravina *et al.* (2000) quienes realizaron experiencias en España y en Uruguay con naranja *Salustiana*. En el primer país vieron que cuando la IF aumentaba disminuía el porcentaje de BV y aumentaban los RF, FS y RM, mientras que los FC se mantenían constantes. Estos autores en Uruguay no observaron una tendencia muy clara, los BV estuvieron entre 34 y 64 %, FC (6 y 13 %), RM (6-15 %), FS (13-24 %), RF (4-21 %) según el año y localidad.

5.4. Establecimiento, abscisión y tasa de crecimiento de frutos

5.4.1. Características ambientales durante el período de cuajado de frutos

En las Tablas 12, 13 y 14 se presentan las condiciones ambientales desarrolladas durante el período en el cual se produce la abscisión de estructuras reproductivas (Champlin & Westwood, 1980; Gariglio *et al.*, 2007) y, por lo tanto, se define el cuajado final de frutos. Estas condiciones fueron diferentes en cada año evaluado. En el año 2008 este período se anticipó con respecto a los años 2009 y 2010 (como fue expuesto en el punto 5.2).



Tabla 12. Características ambientales correspondientes al período floración-cujado de frutos del año 2008.

2008	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
hs con T° < a 13 °C	323	212	55	21	12
hs con T° > a 35 °C	0	0	0	36	75
días con T° < a 0 °C	2	2	0	0	0
T° MAX (°C)	22,8	24,6	26,8	32,3	32,8
T° MIN (°C)	6,4	9,4	13,9	17,1	18,3
T° MED (°C)	14,3	16,9	20,3	24,8	26,0
DEFH (mm)	-61,7	-45,0	-1,3	-61,4	-112,4

Tabla 13. Características ambientales correspondientes al período floración-cujado de frutos del año 2009.

2009	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
hs con T° < a 13 °C	284	96	12	0
hs con T° > a 35 °C	0	22	13	3
días con T° < a 0 °C	0	0	0	0
T° MAX (°C)	20,1	27,2	30,1	28,3
T° MIN (°C)	8,7	13,0	18,0	18,4
T° MED (°C)	14,4	20,3	24,4	23,7
DEFH (mm)	0	-9,7	0	0

Tabla 14. Características ambientales correspondientes al período floración-cujado de frutos del año 2010.

2010	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
hs con T° < a 13 °C	206	108	21	2
hs con T° > a 35 °C	0	0	17	45
días con T° < a 0 °C	0	0	0	0
T° MAX (°C)	22,3	25,3	30,2	32,6
T° MIN (°C)	9,6	11,7	15,6	18,9
T° MED (°C)	14,7	19,0	23,3	25,77
DEFH (mm)	-8,9	-50,3	-66,9	-19,8



Las temperaturas inferiores a 13 °C y superiores a 35 °C fueron analizadas ya que representan los umbrales de crecimiento y desarrollo del cultivo, si las mismas son inferiores o superiores se reduce la actividad fotosintética (Goldschmidt & Koch, 1996; Pimentel *et al.*, 2007) y por lo tanto, limitarían el proceso de establecimiento de los frutos. Además, las temperaturas por debajo de 13 °C afectan el desarrollo del tubo polínico y las inferiores a 0 °C detienen completamente el desarrollo y pueden provocar daños por congelamiento de las células. Así mismo, temperaturas superiores a 35 °C generan un estrés térmico en la planta y podrían producir una reducción de su tasa de crecimiento a lo largo del desarrollo y hasta una abscisión masiva de frutos (Agustí *et al.*, 2003).

Con respecto a las temperaturas por debajo del umbral de 13 °C, su registro disminuyó progresivamente a medida que avanzaron los meses además, en septiembre del 2009 se observó una cuantificación superior de horas por debajo de esta temperatura, en relación a los demás años. El registro de horas con temperaturas superiores a 35 °C en el 2009 se inició partir de octubre, mientras que en los años 2008 y 2010 éstas se registraron desde el mes de noviembre. Temperaturas inferiores a 0 °C solamente se observaron en agosto y septiembre del 2008.

En cuanto a las restricciones hídricas (DEFH), el año 2009 fue el menos limitante (Tabla 13). Por otro lado, en 2008 y 2010 se observó un déficit hídrico severo en la mayoría de los meses incluidos en este período (Tablas 12 y 14), lo cual justifica el uso de riego complementario.

5.4.2. Dinámica de la abscisión de estructuras reproductivas

La evolución de la abscisión de estructuras reproductivas a través del tiempo y la tasa de abscisión de cada estado fenológico, expresado como porcentaje del máximo valor de flores por rama, durante el período reproductivo, de las variedades y años en estudio, permitió observar diferencias entre las variedades (Fig. 8 a 16). Cada variedad tuvo un patrón de comportamiento particular, el cual además



se modificó según las condiciones del año. En general, en el año 2008 este proceso se anticipó en relación a los demás años, debido a los cambios estudiados en el desarrollo fenológico (punto 5.2).

La variedad *Clemenules* presentó una alta retención de estructuras reproductivas y un patrón de abscisión concentrado en el estado F7 (frutos cuajados que inician el crecimiento) (Fig. 8). Esto se puede deber a que en la brotación, esta variedad expresó una la elevada proporción del tipo de brote campanero (Tabla 11) y los frutos que se desarrollan en inflorescencias con hojas poseen mayor capacidad de retención que los solitarios o los ubicados en inflorescencias sin hojas (Lovatt *et al.*, 1988b). El período crítico de esta variedad, donde se define el porcentaje final de cuajado de frutos, se ubicó entre la última semana de octubre y la primera de noviembre, para todos los años evaluados.

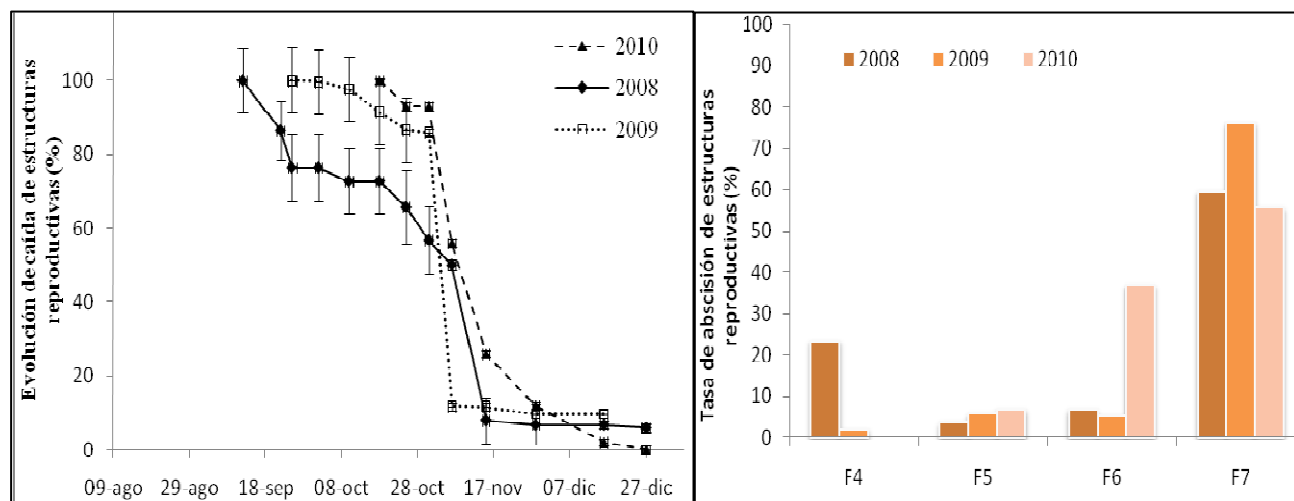


Figura 8: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Clemenules*.

La variedad *Satsuma* tuvo una mayor tasa de caída de flores y/o frutos en los estados F4 (flores abiertas) en el 2010, F5 (caída de pétalos) en el 2008 y F6 (pétalos ya caídos pero conservando el estilo) en el 2009. La abscisión se desarrolló principalmente durante las dos últimas semanas de septiembre, en el 2008, y la última mitad del mes de octubre en los años 2009 y 2010 (Fig. 9).

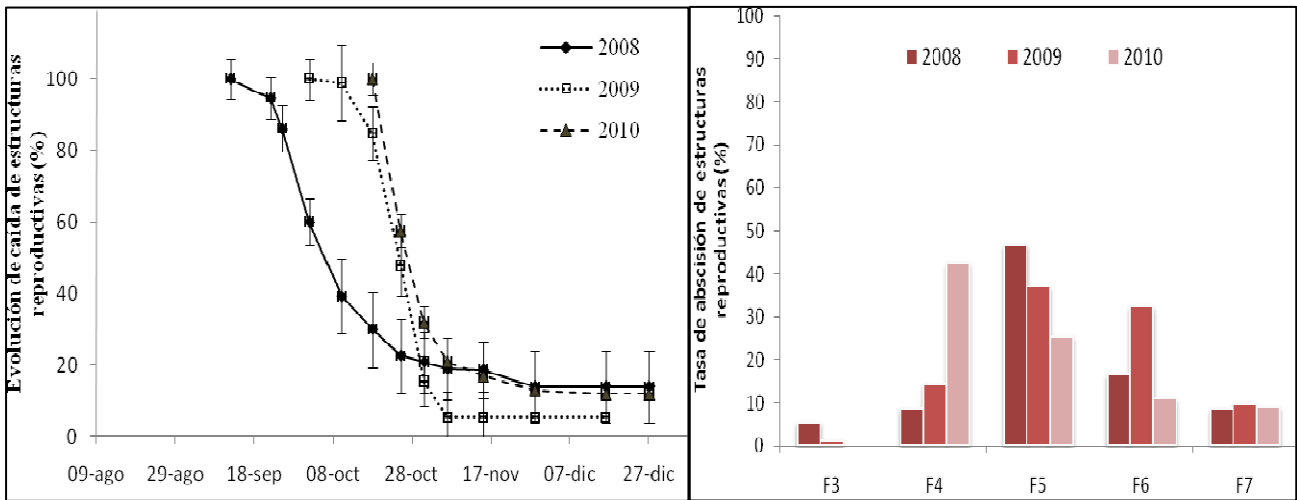


Figura 9: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Satsuma*.

Con respecto a la variedad *Ellendale*, el inicio de la caída de estructuras reproductivas se registró en el estado F3 (apertura floral) en el año 2008 y en los demás años se observó a partir de F4. La mayor tasa abscisión del 2008 se observó en el estado F5, el cual se ubicó entre la segunda y tercer semana del mes de septiembre. En el 2009 la tasa más importante fue en el estado de F7 y en el 2010 en F4, en ambos años este período comprendió la última semana de octubre (Fig. 10).

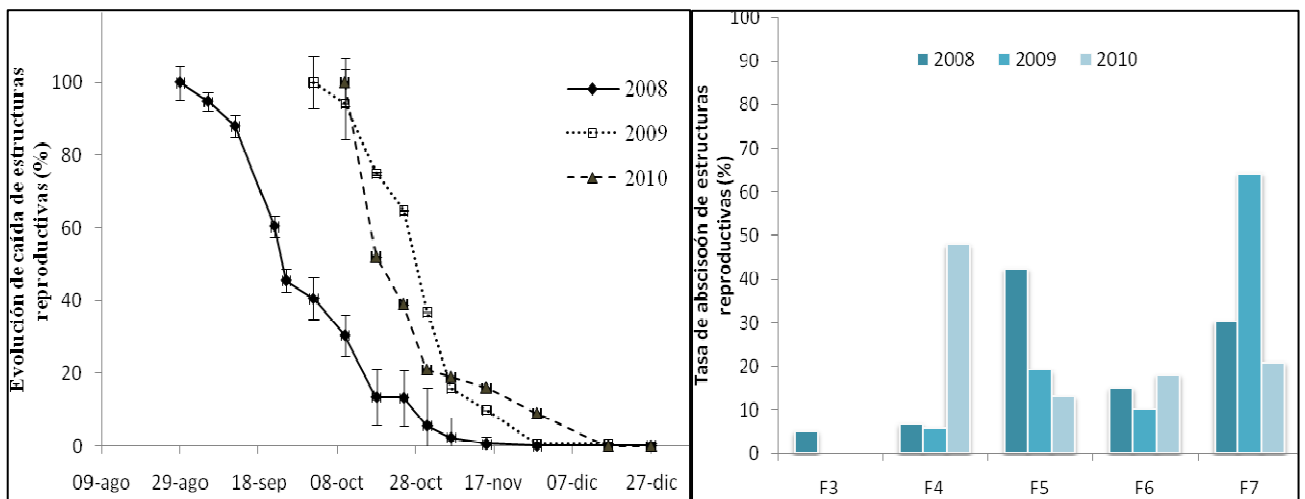


Figura 10: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Ellendale*.



En la variedad *Washington navel* comenzó la abscisión de estructuras reproductivas el 23 de agosto del año 2008, en el estado F2 (botones florales blancos) (Figura 11). En los años 2009 y 2010 este proceso se inició cuando las plantas se encontraban en F4 (25 de septiembre y 5 de octubre, respectivamente). Este comportamiento puede estar relacionado a la intensidad de floración desarrollada por esta variedad (Tabla 10), según lo afirmado por varios autores como Goldschmidt & Golomb (1982), Guardiola *et al.*, (1984), Goldschmidt & Koch (1996) y Guardiola & García-Luis, (2000). Cuando dicha intensidad es elevada, la competencia por recursos entre los órganos en desarrollo es temprana y éstos abscionan desde instancias fenológicas iniciales, lo que provoca la caída masiva de estructuras reproductivas y compromete el cuajado de frutos y la producción. Esto además, fue observado por Rivas *et al.* (2004) que con intensidades de floración elevadas la caída del 33 % de las estructuras reproductivas fue antes de plena floración, atribuyendo tal efecto a la hipótesis del menor diámetro del sistema vascular de los brotes sin hojas, mientras que a menores intensidades de floración, encontraron que la caída del 25% de las estructuras fue en a partir de plena floración y aún después de ésta. Goldschmidt & Golomb (1982) indican que en este período la demanda de carbohidratos puede exceder la asimilación de los árboles, particularmente bajo condiciones de elevadas intensidades de floración. Además Gravina (1999) en estudios sobre este tema con mandarina *Clementina* e híbridos *Nova*, *Ortanique* y *Ellendale* en Uruguay y España coincide con la afirmación anterior.

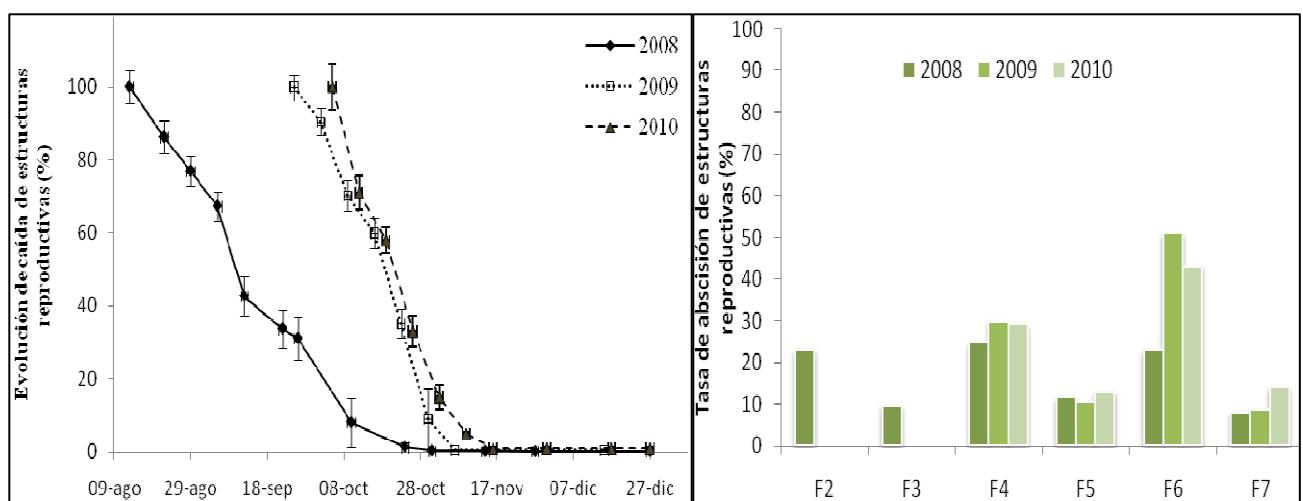


Figura 11: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Washington navel*.



En el año 2008, el inicio de la abscisión de estructuras reproductivas de la variedad *Lanelate* fue desde F2 (29 de agosto), en el 2009 desde el 25 de septiembre, cuando se encontraba en F3, y en 2010 a partir del 19 de octubre, en F5 (Fig. 12). En este último año se observó un mayor porcentaje de retención de frutos con respecto a los anteriores años evaluados, además la tasa más elevada de abscisión se registró en F7, mientras que en 2008 y 2009 ésta se ubicó entre F3 y F4. Esto puede responder a la relación con la intensidad de floración como fue discutido anteriormente para la variedad *Washington navel*.

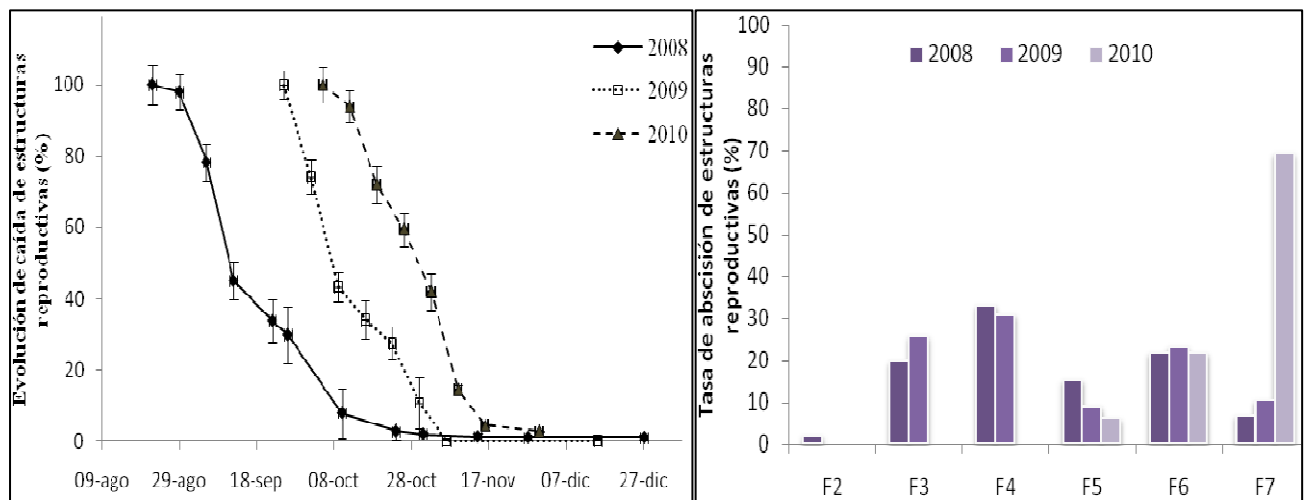


Figura 12: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Lanelate*.

El comportamiento de la variedad *Salustiana* con respecto al inicio de la abscisión de estructuras reproductivas fue desde F3 en los años 2008 y 2010 (a partir el 22 de septiembre y del 5 de octubre, respectivamente), y desde el estado F5 en el 2009, el 2 de octubre (Fig. 13). Esto no se relacionó a la intensidad de floración. Además las mayores tasas de abscisión se observaron en el 2008 en el estado F5, en el 2009 en F5 y F7, y en el 2010 fue muy regular en todos los estados reproductivos.

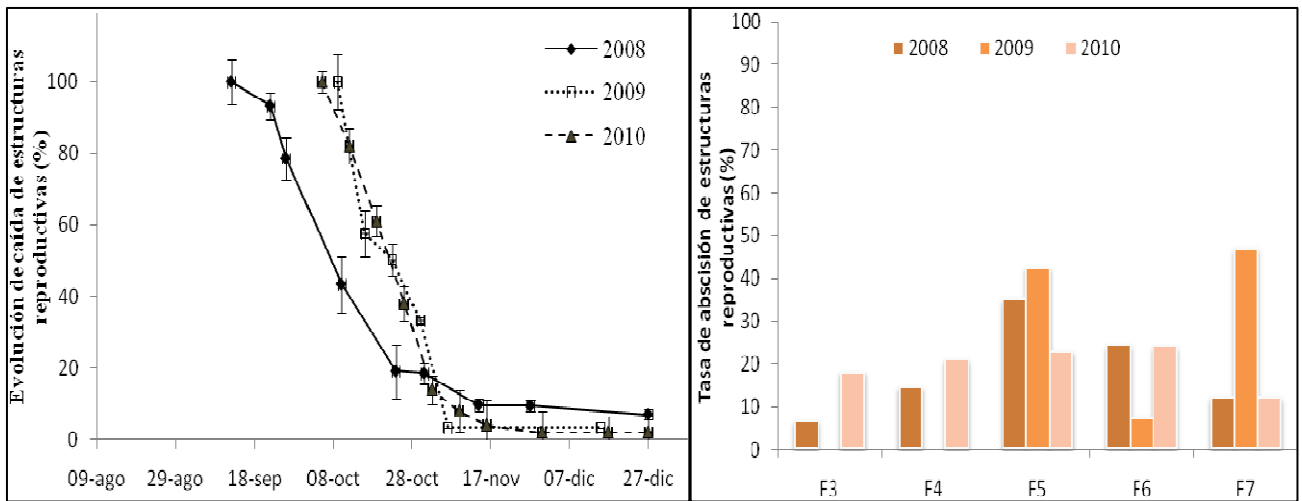


Figura 13: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Salustiana*.

La evolución del porcentaje de abscisión de estructuras reproductivas en *Valencia late* se inició muy anticipadamente en el año 2008, el 29 de agosto, cuando las plantas se encontraban en F2; en el 2009 comenzó en el estado F5 y en 2010 fue a partir de F4, correspondientes a la primer semana de octubre en ambos años (Fig. 14). Esto se relacionó inversamente a la intensidad de floración.

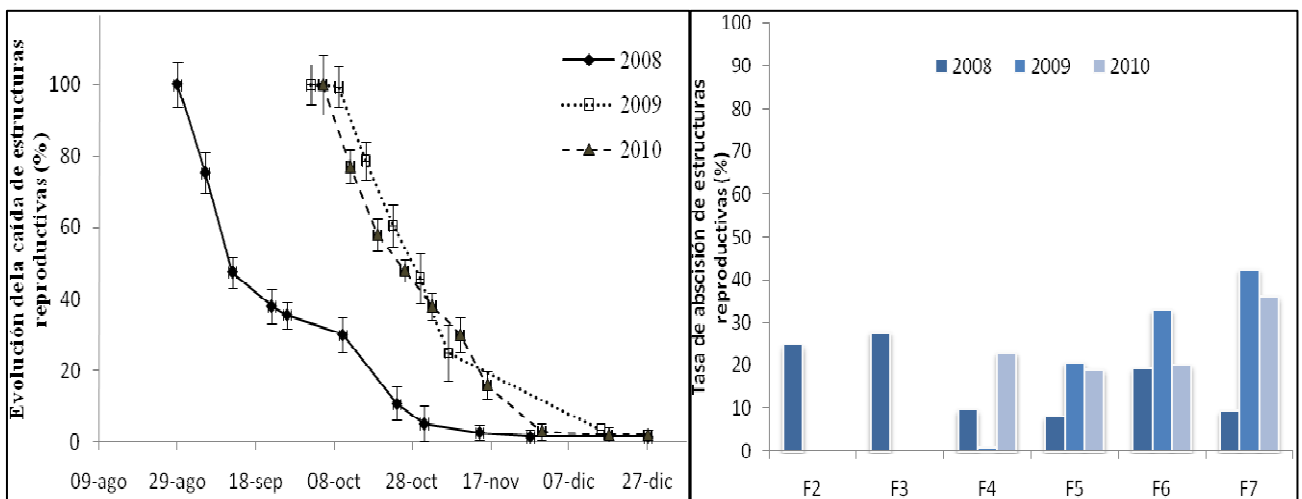


Figura 14: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Valencia late*.



El proceso de caída de estructuras reproductivas en *Midknight* comenzó, en todos los años evaluados, en el estado de apertura floral (F3) (Figura 15). Lo que se correspondió con las siguientes fechas: 29 de agosto de 2008, 25 de septiembre de 2009 y 5 de octubre de 2010. Se puede observar que la tasa de abscisión fue muy regular a través del avance en los estados reproductivos. Esto se puede deber a la elevada proporción de brotes mixtos desarrollados por esta variedad, en todos los años evaluados (Tabla 11).

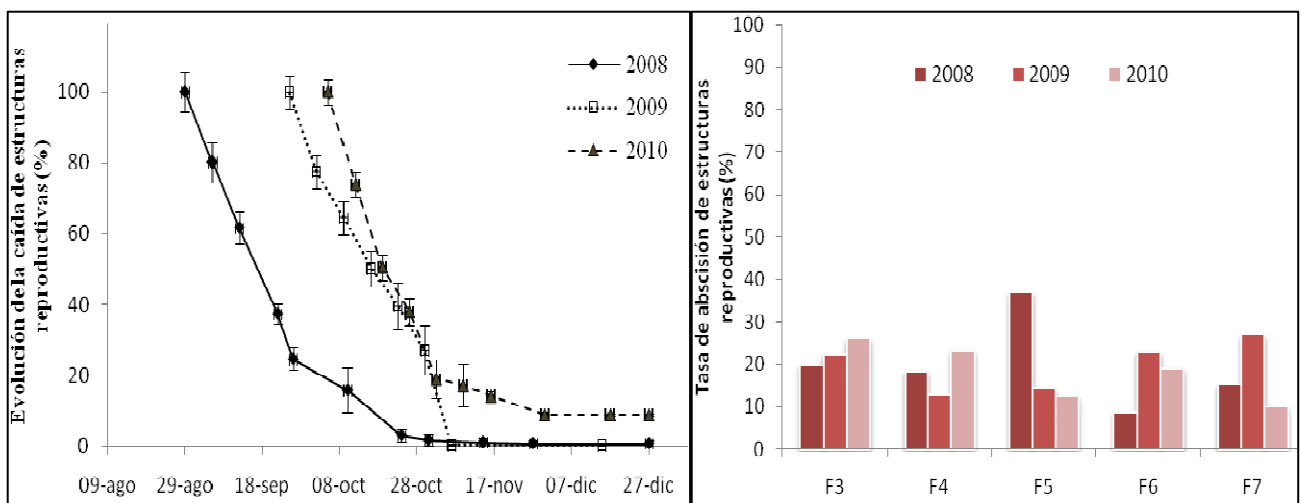


Figura 15: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Midknight*.

El inicio de la evolución del porcentaje de abscisión de estructuras reproductivas en *Delta seedless* se registró en el año 2008 el 22 de septiembre, desde F5; en el 2009 el 25 de septiembre, cuando las plantas se encontraban en F3 y en el 2010 a partir del 5 de octubre, en F4 (Fig. 16). La tasa de abscisión en los años 2009 y 2010 siguió un patrón regular, mientras que en el 2008 presentó un nivel mayor en el estado F5. Esto se puede relacionar al mayor porcentaje de brotes mixtos observados en 2009 y 2010 con respecto al 2008.

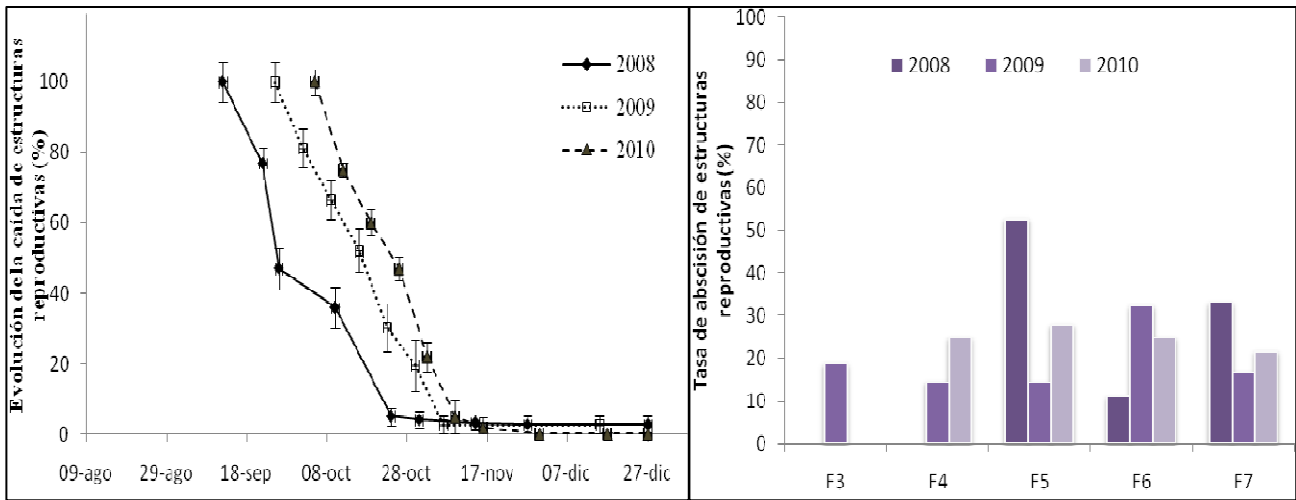


Figura 16: Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas y de la tasa de abscisión (en porcentaje) durante el período reproductivo de la variedad *Delta seedless*.

A modo de resumen, el inicio de la abscisión de estructuras reproductivas se definiría en función del desarrollo de la fenología y de la intensidad de floración de cada variedad. El mayor porcentaje de flores y/o frutos caídos se observaron principalmente en el mes de octubre, por lo que las características ambientales y/o el manejo aplicado durante esta etapa serían condicionantes del cuajado final de frutos. El fin de la caída fisiológica de frutos se observó durante el mes de noviembre en todos los años, por lo que para nuestra zona será más correcto el término de caída de mayo (may drop) y no caída de junio (june drop), según la definición aceptada internacionalmente (Iglesias *et al.*, 2007). Allí se define el número de frutos por planta que alcanzarán la madurez, lo cual además coincide con el término de la fase I del desarrollo de frutos.

5.4.3. Establecimiento de frutos

En la Tabla 15 se presentan los valores de establecimiento o cuajado final de frutos obtenidos en las distintas variedades y años evaluados en la región central de Santa Fe.



Tabla 15. Valores en porcentaje (%) de establecimiento de los frutos en función de la variedad y año de estudio

	<i>Washing. navel</i>	<i>Lanelate</i>	<i>Salustiana</i>	<i>Midknight</i>	<i>Delta seedless</i>	<i>Valencia late</i>	<i>Satsuma</i>	<i>Clemenules</i>	<i>Ellendale</i>
2008	0,1 a	1,1 b	7,0 a	0,7 b	2,8 a	1,5 a	14,0 a	5,9 a	0,2 a
2009	0,5 a	0,2 b	3,3 b	0,2 b	2,7 a	3,5 a	5,5 a	9,6 a	0,5 a
2010	1,0 a	4,5 a	2,0 b	8,9 a	0,2 a	2,0 a	11,9 a	0,1 b	0,0 a
<i>prom</i>	0,5 ± 0,4 B	1,4 ± 1,2 B	4,1 ± 2,6 B	3,3 ± 4,8 B	1,9 ± 1,4 B	2,3 ± 1,0 B	10,5 ± 4,4 A	5,2 ± 4,7 B	0,2 ± 0,2 B

Medias con igual letra minúscula no son significativamente diferentes entre años y con una letra común mayúscula no son significativamente diferentes entre variedades ($p \leq 0,05$).

Los resultados obtenidos están de acuerdo con lo que afirman algunos autores que, en términos generales, sólo un pequeño porcentaje del total de flores formadas se transforma en fruto, el cual varía entre 0,1 y 10,0 % (Guardiola *et al.*, 1984; García *et al.*, 1986). El mayor porcentaje de cuajado de frutos lo alcanzó la mandarina *Satsuma* y estableció una diferencia estadísticamente significativa con las demás variedades. *Lanelate* y *Midknight* mejoraron este proceso en el año 2010, mientras que en *Salustiana* el mayor porcentaje de cuajado de frutos se registró en el 2008. En *Clemenules* los valores más altos de porcentaje de establecimiento de frutos fueron alcanzados en los años 2009 y 2008, respectivamente.

Al tener en cuenta el comportamiento de todas las variedades y años se pudo observar que el cuajado final de frutos estuvo inversamente correlacionado con la intensidad de floración, pero con una mayor dispersión de los resultados en intensidades de floración menores a 200 flores/100 nudos (Fig. 17). Aparentemente, según esta relación, en el número final de frutos por rama no habría diferencias debido al bajo valor de R^2 .

Estos resultados coinciden con los de Rivas *et al.* (2004) quienes realizaron un modelo matemático para *Nova* en el cual la intensidad de floración estuvo inversamente relacionada al cuajado



final de frutos en el rango entre 39 y 170 flores/100 nudos, por encima de este rango el porcentaje de cuajado se mantuvo constante en 0,5 %.

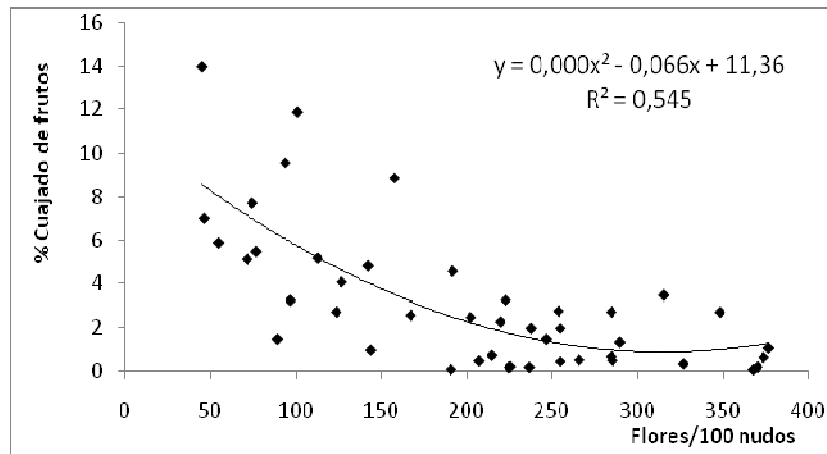


Figura 17: Porcentaje de cuajado final de frutos en función de la intensidad de floración.

Al tener en cuenta el comportamiento de cada variedad, en algunas se observó una relación inversa entre la intensidad de floración y el cuajado final de frutos: *Washington navel* (Fig. 18-a), *Lanelate* (Fig. 18-b), *Midnight* (Fig. 18-c), *Salustiana* (Fig. 18-d) y *Clemenules* (Fig. 18-e). Otros autores estudiaron estas relaciones, como Gravina *et al.* (2000) en *Salustiana* y Gravina (1999) en *Ortanique*, *Ellendale* y mandarina *Clemenules*, todos coincidieron también en que el cuajado de frutos estuvo inversamente correlacionado con la IF. Por otro lado, se encontró una relación lineal y positiva entre estas dos variables en la variedad *Valencia late* (Fig. 18-f). Finalmente, no se obtuvo una correlación significativa en las variedades *Satsuma* y *Delta Seedless*.

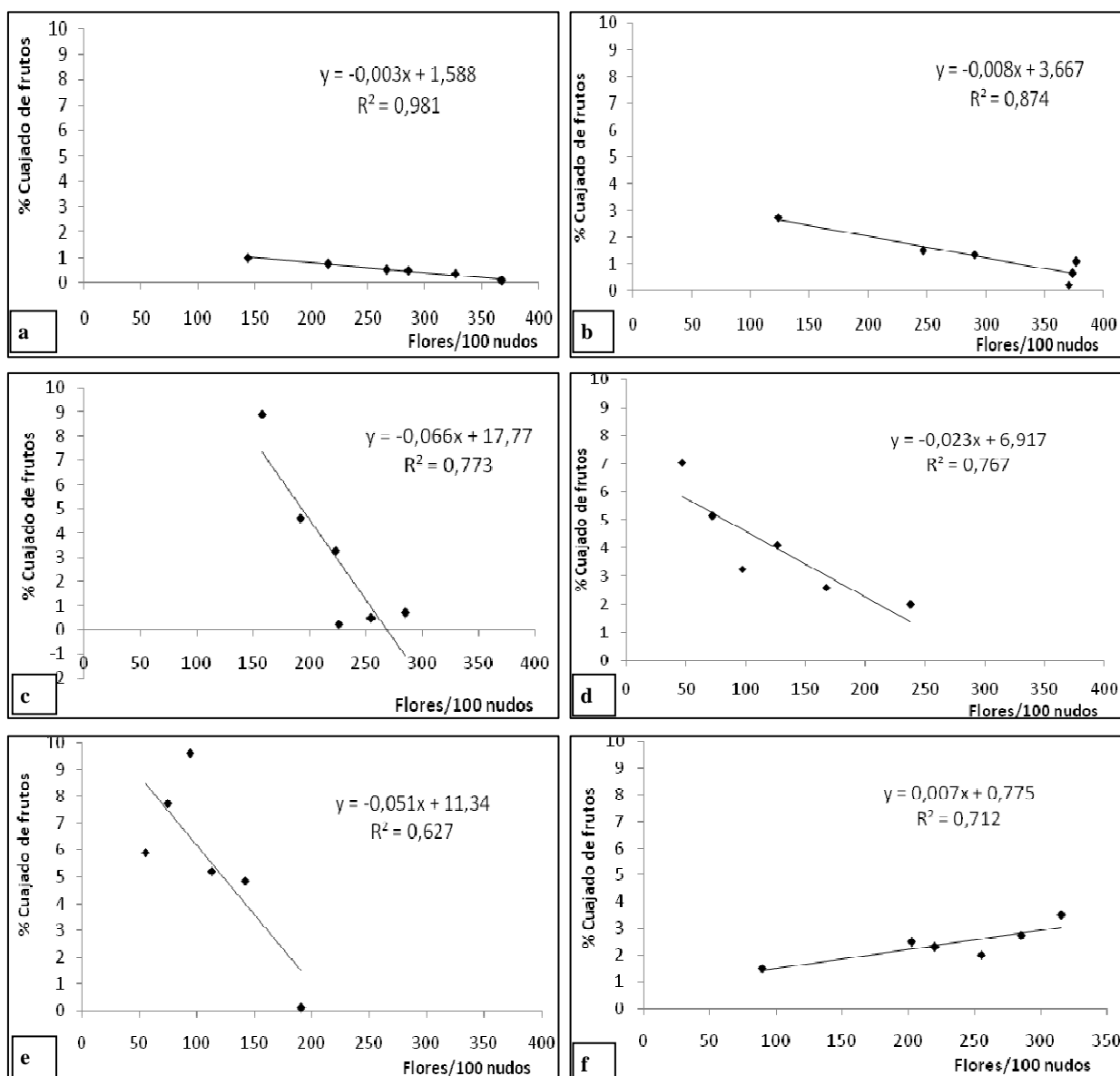


Figura 18: Porcentaje de cuajado de frutos en función de la intensidad de floración (flores cada 100 nudos) en las variedades *Washington navel* (a), *Lanelate* (b), *Midknight* (c), *Salustiana* (d), *Clemenules* (e) y *Valencia late* (f).

Con relación a los tipos de brotes (Tabla 11), las variedades que obtuvieron los menores porcentajes de cuajado de frutos (*Washington navel* y *Lanelate*) presentaron a una mayor cantidad de brotes reproductivos sin hojas (ramillete floral y flor solitaria), mientras que, en las que lograron mayores porcentajes de cuajado de frutos (*Clemenules*, *Salustiana* y *Midknight*) se observó una elevada proporción



de brotes campaneros, mixtos y vegetativos. Esto está de acuerdo con algunos autores como Scholefield *et al.* (1985) y Lovatt *et al.* (1988b). Esto fue comprobado también por Gravina (1999) con el tanger *Ellendale*.

Otros factores que pueden afectar el proceso de cuajado de frutos son: las condiciones climáticas como la temperatura y el estrés hídrico (De Souza Prado *et al.*, 2007; Gariglio *et al.*, 2007), el nivel nutricional (Champlin & Westwood, 1980), la disponibilidad de carbohidratos (Goldschmidt & Golomb, 1982), el efecto de la cosecha previa (Rivas *et al.*, 2004), el nivel hormonal, si se trata de frutos con semilla o partenocárpicos (Iglesias *et al.*, 2007) y el manejo de la plantación (Agustí *et al.*, 2003).

5.4.4. Número de frutos por planta

El número de frutos por árbol fue marcadamente menor en el año 2009, en relación a los años 2008 y 2010 (Fig. 19). Esto fue notorio en todas las variedades, lo cual puede suponer un efecto negativo de las condiciones climáticas del año, principalmente las desarrolladas en el período de abscisión de estructuras reproductivas (Tabla 13) donde se registraron temperaturas superiores a 35 °C durante el mes de octubre del 2009 donde se observa el mayor porcentaje de abscisión. Este nivel de temperatura provoca un aumento de la fotorespiración en los cítricos y, en consecuencia, menor fotosíntesis. Esta escasez de carbono en la planta asociado a un período de estrés provoca un aumento de ABA en la parte aérea del árbol que induce a la abscisión de los frutos que se encuentran en la etapa I y II de su desarrollo (Iglesias *et al.*, 2007). Por otro lado, puede probablemente reflejar un año de alternancia de cosechas, por tratarse de árboles de 7, 8 y 9 años (en 2008, 2009 y 2010 respectivamente), que están en fase de ‘entrada a producción’ (Gil-Albert Velarde, 1996), en la cual continúan creciendo hasta alcanzar el período de plena producción y lograr un equilibrio con producciones estables y continuadas (Agustí, 2004).

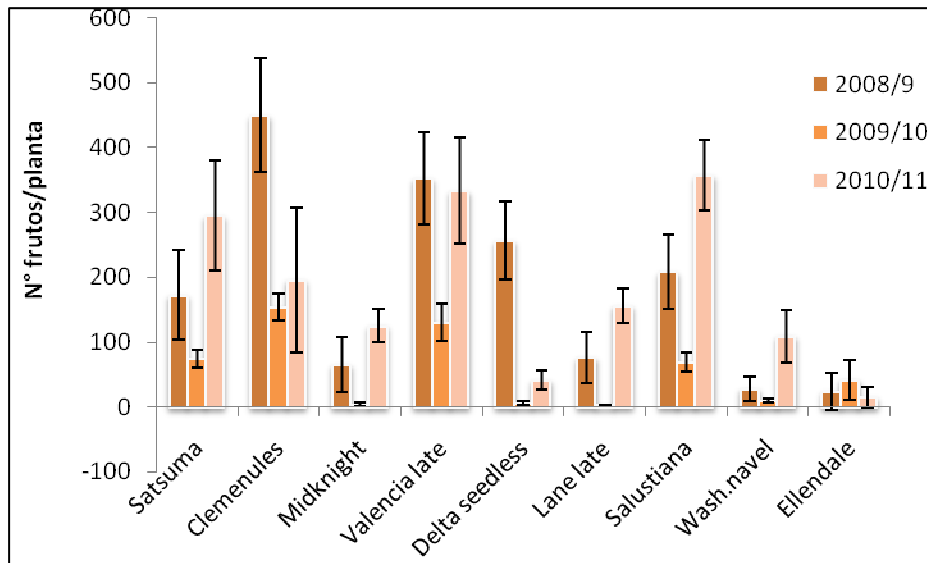


Figura 19. Número de frutos por planta de las variedades de cítricos cultivadas en la región central de Santa Fe durante los ciclos productivos 2008/9, 2009/10 y 2010/11.

La relación entre la intensidad de floración y el número de frutos por planta, fue inversa en las variedades *Washington navel* y *Lanelate* (Fig. 20-a) y lineal directa en *Salustiana* (Fig. 20-b), lo cual está de acuerdo con lo afirmado por Lovatt *et al.* (1988b) quien concluye que las características de la brotación y floración son importantes ya que condicionan el cuajado de frutos y por lo tanto, la producción anual. En esta Figura (5.9 a y b) se puede observar además, que cuando el número de frutos por planta es aproximadamente menor a 100, la dispersión es mayor. Esto supone que a este nivel, otros factores además de la IF influyen en la determinación del número final de frutos por árbol (Agustí *et al.*, 2003).

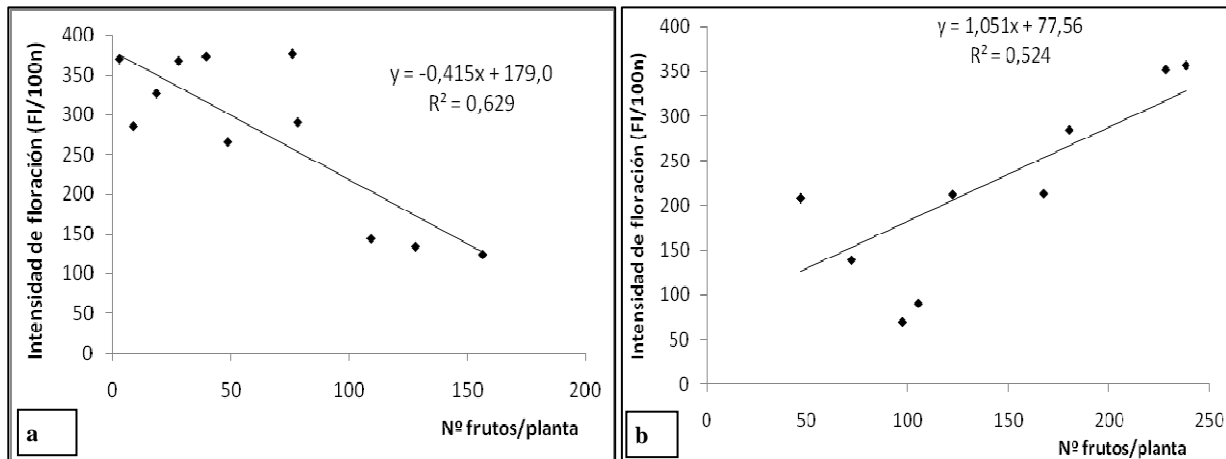


Figura 20: Relación entre intensidad de floración y número de frutos por planta en *Washington navel* y *Lanelate* (a) y en *Salustiana* (b).

En las demás variedades no se verificó relación significativa entre estas variables y este resultado coincide con los de Gravina *et al.* (2000) quienes observaron, en la naranja *Salustiana* durante tres años consecutivos, que mientras ocurría alternancia en la IF, el número de frutos por planta se mantenía constante.

5.4.5. Crecimiento de frutos

Fueron obtenidas las relaciones entre el crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto y las tasas de crecimiento relativas (TCR) correspondientes de las variedades de cítricos evaluadas en la región central de Santa Fe durante el período 2008-2011 (Figuras 21, 22 y 23). El diámetro de los frutos en crecimiento fue registrado desde el final de la caída fisiológica de frutos (final de etapa I), que es el momento donde se define el número de frutos por árbol, hasta el momento de recolección correspondiente a cada variedad.

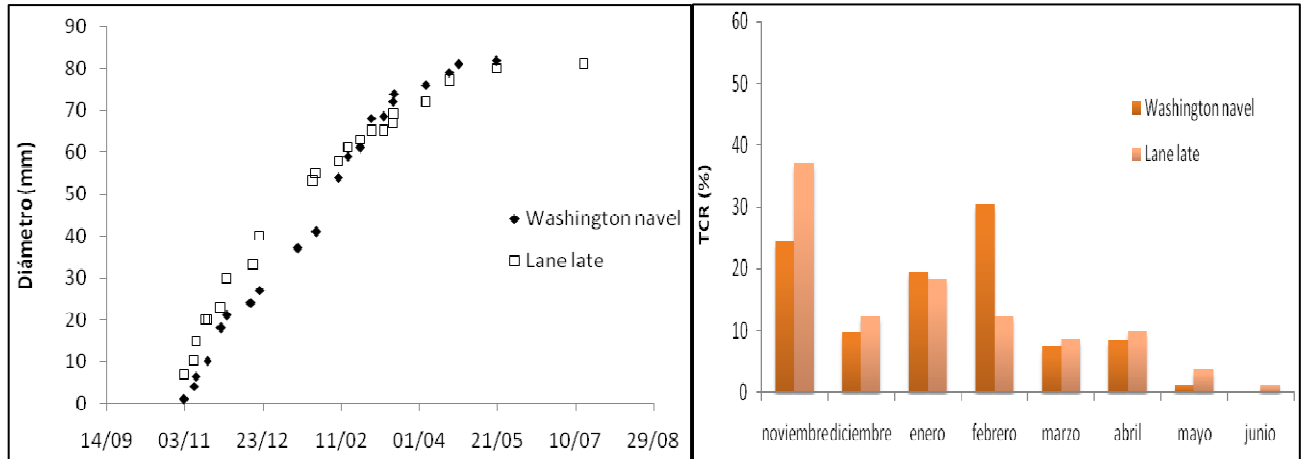


Figura 21. Curvas de crecimiento de frutos (diámetro ecuatorial en mm) y tasa de crecimiento relativo (TCR) en % del diámetro final, de las variedades de naranjas ‘navel’: *Washington navel* y *Lanelate* (valores promedios de los años evaluados).

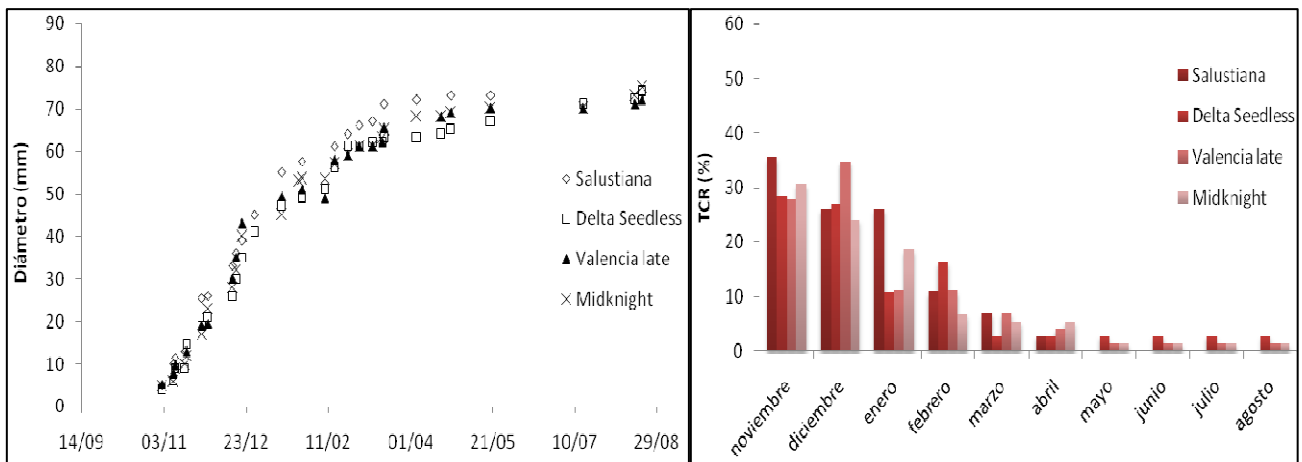


Figura 22. Curvas de crecimiento de frutos (diámetro ecuatorial en mm) y tasa de crecimiento relativo (TCR) en % del diámetro final, de las variedades de naranjas blancas: *Salustiana*, *Delta seedless*, *Valencia late* y *Midnight* (valores promedios de los años evaluados).

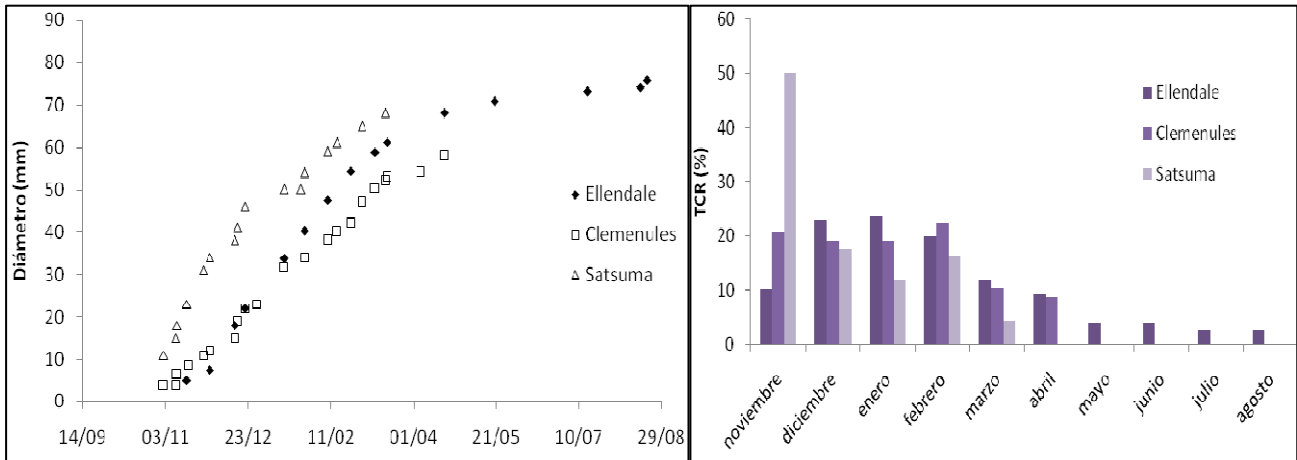


Figura 23. Curvas de crecimiento de frutos (diámetro ecuatorial en mm) y tasa de crecimiento relativo (TCR) en % del diámetro final, de las variedades de mandarinas e híbridos: *Satsuma*, *Clemenules* y *Ellendale* (valores promedio de los años evaluados).

En general, las curvas respondieron a un modelo sigmoideo (Anexo 10) con tres fases definidas, como lo describieron otros autores (Agustí *et al.*, 2003; Iglesias *et al.*, 2007). Desde la etapa II se observó una respuesta lineal en el crecimiento en diámetro del fruto correspondiente a las mayores tasas de crecimiento en todas las variedades. Este período fue registrado desde fin de noviembre hasta finales de febrero. La mayor tasa de crecimiento fue observada en el mes de noviembre en *Satsuma* donde esta variedad obtiene el 50 % de su valor en relación al diámetro final, mientras que *Clemenules* logra el 20 % y *Ellendale* el 10 %. Luego comenzó la etapa III, de duración variable según la variedad, donde la tasa de crecimiento disminuyó en todos los casos. En esa etapa se desarrollan procesos de maduración interna y externa hasta lograr la calidad de comercialización. Finalmente el tamaño del fruto fue función de la tasa de crecimiento y del tiempo de duración del período de crecimiento.



5.4.6. Calidad de frutos

En cuanto a los parámetros evaluados de calidad de fruta a la cosecha, se encontraron diferencias entre las variedades (Tabla 16). No obstante, en todos los años las variedades lograron los requisitos de calidad de frutas cítricas exigidos para su comercialización en mercado interno o de exportación, según el reglamento de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (1983). Estos estándares legales de madurez implican, para naranjas y mandarinas respectivamente: ratio mínimo de 7/1 y de 6/1, porcentaje de jugo mínimo de 40 y 35 %, diámetro ecuatorial entre 60 y 115 mm y 50 y 110 mm.

Los mayores registros de peso del fruto fueron en las naranjas ‘navel’, luego en las de jugo y el tangor *Ellendale* y por último en las mandarinas. Los mayores valores de diámetro ecuatorial se registraron en las variedades ‘navel’, los menores se observaron en *Clemenules*, *Satsuma* y *Delta seedless*, las demás variedades presentaron diámetros intermedios. Las variedades *Satsuma* y *Ellendale* produjeron frutos con contenido de jugo más elevado, mientras que *Clemenules* y el grupo de naranjas ‘navel’ obtuvieron los menores porcentajes.

Las naranjas de jugo presentaron los más altos registros de sólidos solubles totales (°Brix), el menor valor se midió en *Satsuma*, el resto de las variedades logró valores intermedios. La mayor acidez del fruto se encontró en *Delta seedless* y *Midnight*, por el contrario *Lanelate* y *Satsuma* se distinguieron por su menor acidez. En cuanto al índice de madurez (IM) (relación sólidos solubles totales/acidez), en todas las variedades fue mayor a 7, destacándose *Lanelate* y *Valencia late* con los resultados más altos y, por otro lado, *Ellendale*, *Midnight* y *Delta seedless* con las menores significancias.



Tabla 16. Parámetros medios y desvío estándar, de calidad externa e interna de frutos, de variedades de cítricos en la región central de Santa Fe (período 2008-2010).

Variedad	Peso (g)	Diámetro (mm)	% Jugo	°Brix	Acidez	IM (ratio)
<i>Washington navel</i>	285 ± 33 a	82,2 ± 5 a	45,2 ± 4 d	9,5 ± 0,2 bcd	1,0 ± 0,1 def	10,0 ± 1,5 ab
<i>Lanelate</i>	280 ± 43 a	81,6 ± 4 ab	45,0 ± 7 d	8,9 ± 0,6 cd	0,8 ± 0,1 f	11,9 ± 2,9 a
<i>Salustiana</i>	191 ± 20 cd	74,6 ± 8 bcd	52,2 ± 5 bcd	9,9 ± 0,7 abc	1,3 ± 0,3 cd	7,9 ± 1,0 bc
<i>Midknigth</i>	220 ± 47 b	75,7 ± 5 abc	55,6 ± 6 abc	10,5 ± 2,1 ab	1,5 ± 0,1 ab	7,0 ± 0,5 c
<i>Delta seedless</i>	201 ± 24 c	65,4 ± 10 de	51,4 ± 1 bcd	11,4 ± 1,3 a	1,6 ± 0,3 a	7,0 ± 0,4 c
<i>Valencia Late</i>	211 ± 25 bc	71,6 ± 1 cd	47,2 ± 7 cd	10,0 ± 0,9 abc	0,9 ± 0,2 def	11,5 ± 2,3 a
<i>Satsuma</i>	170 ± 18 d	66,5 ± 2 de	63,8 ± 7 a	8,2 ± 0,2 d	0,8 ± 0,1 ef	9,9 ± 0,3 ab
<i>Clemenules</i>	132 ± 15 e	61,1 ± 9 e	43,4 ± 8 d	9,6 ± 0,5 bcd	1,1 ± 0,1 cde	8,6 ± 1,6 bc
<i>Ellendale</i>	208 ± 21 bc	76,7 ± 2 abc	59,9 ± 6 ab	9,7 ± 0,3 bcd	1,4 ± 0,2 abcd	7,0 ± 0,5 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) entre variedades.

Los frutos obtuvieron una coloración de cáscara óptima de tipo anaranjada (según los parámetros de Hunter) (Cuquerella *et al.*, 2004) a excepción de *Satsuma* y *Clemenules* que no lograron obtener este color debido a que la maduración ocurrió en un ambiente de altas temperaturas. La primera variedad desarrolló una tonalidad amarillo-verdoso y la segunda amarillo-anaranjado.

Carrau (2005b) reportó parámetros de calidad similares, obtenidos en Uruguay para las variedades *Midnight* y *Delta seedless*, aunque con menores registros de °brix (8,84) en esta última. En el trópico seco de México evaluaron la calidad externa e interna de frutos de 18 cultivares de naranjo, los resultados se comparan a los obtenidos en este trabajo, ya que concluyeron en que los mayores tamaños de fruto, los menores registros de porcentajes de jugo, sólidos solubles totales y acidez, fueron en las naranjas ‘navel’. Los valores más altos de este último parámetro fueron en las naranjas *Delta*. Sin embargo, los frutos no adquirieron color de la cáscara anaranjado, sino que predominaron tonalidades de verde claro a verde amarillo, debido a que la maduración ocurrió en un ambiente de altas temperaturas (Medina-Urrutia *et al.*, 2007).



5.4.7. Rendimiento

La Tabla 17 presenta el rendimiento estimado en kg por planta, de las variedades de cítricos evaluadas en la región central de Santa Fe durante la cosecha del 2009, 2010 y 2011.

Tabla 17. Valores de rendimiento estimado (kg.planta⁻¹) en función de los años y variedades.

	2009	2010	2011
<i>Washington navel</i>	8,0 b B	2,6 b C	31,1 ab A
<i>Lanelate</i>	21,3 b B	0,8 b C	43,7 ab A
<i>Salustiana</i>	39,7 ab B	13,2 ab C	68,2 a A
<i>Midnight</i>	2,0 b B	0,9 b B	27,5 b A
<i>Delta seedless</i>	51,5 ab A	1,2 b B	8,2 b B
<i>Valencia late</i>	74,5 a A	27,4 a B	70,3 a A
<i>Satsuma</i>	29,2 ab B	12,6 ab C	50,2 ab A
<i>Clemenules</i>	59,4 ab A	20,3 ab B	25,9 ab B
<i>Ellendale</i>	5,0 b B	8,7 b A	3,1 b C

La letra minúscula común indica que no existen diferencias significativas entre variedades y la mayúscula corresponde a la comparación entre años según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Los mayores valores de rendimiento se observaron en las naranjas de jugo *Valencia late* y *Salustiana*, y luego en las mandarinas de recolección temprana *Clemenules* y *Satsuma*. Por lo tanto se puede considerar una mejor adaptación de estas variedades a las condiciones agroclimáticas de la región. Las variedades *Lanelate*, *Washington navel* y *Midnight* mejoraron el rendimiento en el año 2010. En *Delta seedles* se registró una buena producción en el año 2008, mientras que *Ellendale* no produjo de manera aceptable en ninguno de los años evaluados.



Al tener en cuenta los resultados de todas las variedades se encontró una relación significativa entre el número de frutos por árbol y el rendimiento (Fig. 24), tal como lo afirman Goldschmidt & Koch (1996).

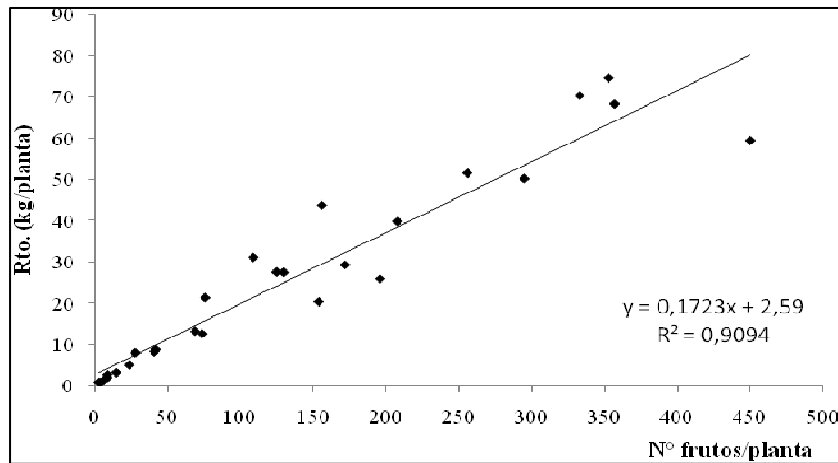


Figura 24: Relación entre el rendimiento (kg.planta^{-1}) y el nº de frutos por planta.

De manera similar, Gravina *et al.* (2000) observaron niveles de producción diferentes según las localidades evaluadas en Uruguay durante 3 años consecutivos y encontraron una elevada correlación entre producción y número de frutos por árbol ($R^2 = 0,89$).

En esta experiencia no se encontró relación significativa entre el peso medio del fruto y el número promedio de frutos por árbol, lo que sugiere que esta variable estuvo más relacionada al componente genético (Agustí *et al.*, 2003), lo contrario fue comprobado por Gravina *et al.* (2000) con naranja *Salustiana*, donde el peso medio de los frutos se correlacionó negativamente con el nº de frutos/árbol ($R^2 = -0,87$).



5.5. Efecto de prácticas culturales sobre el comportamiento fenológico-reproductivo de naranjas de ombligo cv. 'Lanelate'

Comportamiento fenológico

La Tabla 18 presenta la fecha media de los distintos estados fenológicos de la variedad *Lanelate* correspondientes al año 2010, en función de los tratamientos realizados previamente a la brotación de primavera (GA invernala a 200 ppm, poda invernala y el control).

Tabla 18. Fecha media de los estados fenológicos del cv. *Lanelate*, correspondiente al ciclo productivo 2010/11 en función de los tratamientos de giberelina invernala, poda invernala y el control.

FENOLOGÍA LANELATE 2010				
		CONTROL	GA ₃ invernala	PODA invernala
Estados		fecha	fecha	fecha
Reproductivos	F1,0	15/09 a	21/09 b	19/09 ab
	F1,1	22/09 a	26/09 a	24/09 a
	F2	28/09 a	01/10 a	01/10 a
	F3	06/10 a	07/10 a	06/10 a
	F4	09/10 a	10/10 a	09/10 a
	F5	14/10 a	15/10 a	14/10 a
	F6	19/10 a	20/10 a	19/10 a
	F7	02/11 a	30/10 a	27/10 a
Vegetativos	B1	02/09 a	02/09 a	30/08 a
	B2	13/09 a	14/09 a	10/09 a
	B3	24/09 a	23/09 a	22/09 a
	B3-4	04/10 ab	10/10 b	29/09 a
	B4	14/10 ab	22/10 b	07/10 a
	B5	25/10 a	25/10 a	25/10 a
	B6	08/11 a	10/11 a	08/11 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre tratamientos según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).



La aplicación de GA₃ invernol demoró de manera significativa la fecha de inicio de floración (F1,0) con respecto al control (Tabla 18), no ocurrió lo mismo con el tratamiento de poda invernol. En los demás estados fenológicos correspondientes al desarrollo de la floración no se observaron diferencias entre tratamientos.

Con respecto a los estados vegetativos, en B3-4 (brotes alargados con hojas creciendo) y B4 (hojas alcanzando el tamaño final) se observó una duración mayor y significativa en el tratamiento de GA₃ invernol con respecto al de poda invernol, pero ninguno logró diferenciarse del control (Tabla 18).

Intensidad de floración y brotación

No se detectaron diferencias en los tipos de brotes según las prácticas aplicadas (poda invernol y GA₃ invernol 200 ppm) con respecto al control (Figura 25).

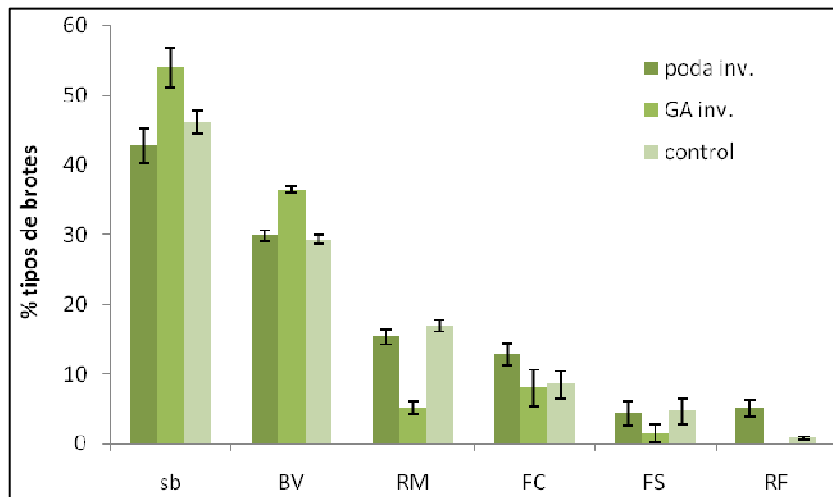


Figura 25. Proporción de los distintos brotes según el tratamiento (Control, Poda invernol y GA invernol) en *Lanelate*, durante la brotación primaveral del año 2010. Sb: yemas sin brotar, BV: brotes vegetativos, RM: ramos mixtos, FC: flor campanera, FS: flor solitaria y RF: ramillete floral.



Si bien no se encontraron diferencias estadísticas, en la Figura 25 se puede observar que el tratamiento de poda invernal estimuló a que un mayor porcentaje de yemas brotadas, y a un mayor desarrollo de ramilletes florales y flores campaneras, con respecto al control. Las plantas tratadas con GA invernal (200 ppm) por el contrario, tuvieron un mayor porcentaje de yemas sin brotar y de brotes vegetativos, menor proporción de ramilletes mixtos, escasos brotes de flor solitaria y nulo desarrollo de ramilletes florales en comparación con el control. Como resultado, la intensidad de floración fue de 72 flores/100 nudos en el control, 92 flores/100 nudos en la poda invernal y 24 flores/100 nudos en el tratamiento de GA invernal (Fig. 26).

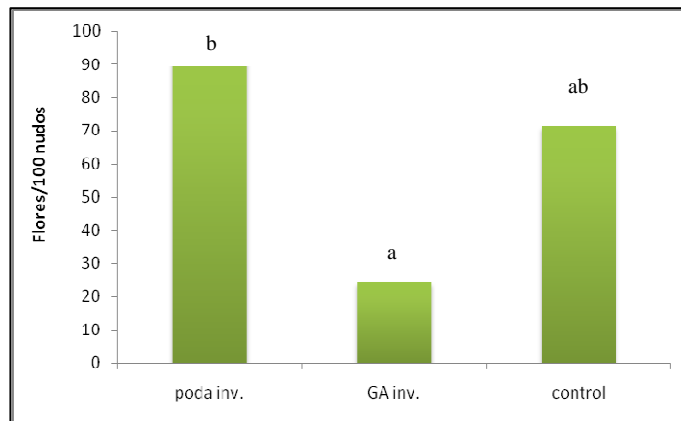


Figura 26. Intensidad de floración (flores/100 nudos) según el tratamiento (Control, Poda invernal y GA invernal) en *Lanelate*. Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre tratamientos según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Se observó una diferencia significativa en la intensidad de floración entre los tratamientos de giberelina y poda invernal (Fig. 26), pero no con respecto al control. Lo cual coincide con Rivas *et al.* (2004) en experiencias en Uruguay con mandarina 'Nova' quienes tampoco pudieron disminuir significativamente la floración con aplicaciones de GA₃ invernal a 20 ppm con respecto al testigo sin tratar.



Establecimiento de frutos

Se efectuaron diferentes técnicas de estímulo al proceso de establecimiento o cuajado de frutos en la variedad *Lanelate*, los resultados se observan en la Figura 27.

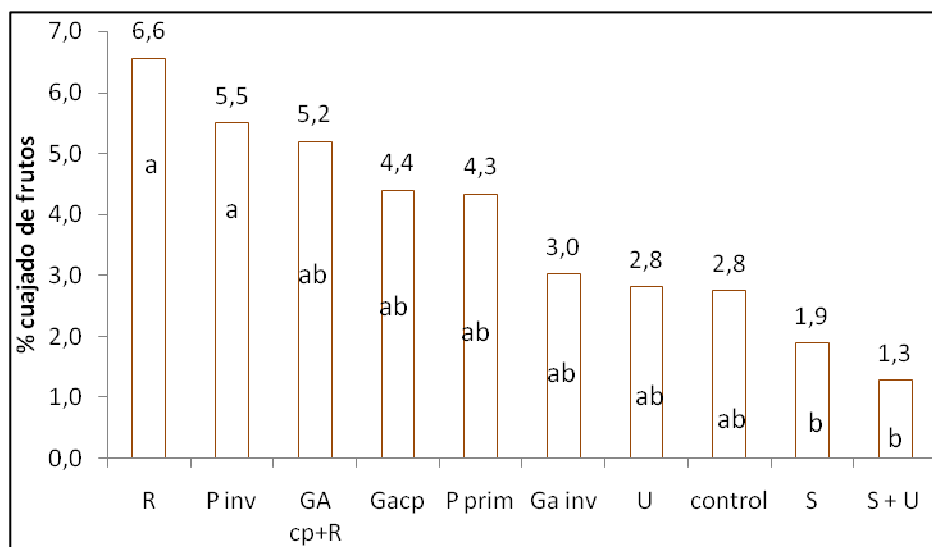


Figura 27. Porcentaje de cuajado de frutos en *Lanelate*, según el efecto de diferentes tratamientos. R: rayado de ramas, P inv: poda invernal, GAcp+R giberelina a caída de pétalos y rayado 25 días después, P prim: poda de primavera, GA inv: giberelina invernal, U: aplicación de urea foliar, S: aplicación de sacarosa foliar y S+U: combinación de sacarosa y urea.

Ningún tratamiento arrojó diferencias estadísticas con respecto al control, el cual logró un valor aceptable de establecimiento de frutos ya que, en términos generales, sólo un pequeño porcentaje del total de flores formadas se transforma en fruto, el cual varía entre 0,1 y 10 % (Guardiola *et al.*, 1984; García *et al.*, 1986). Los mayores porcentajes de cuajado final de frutos se registraron en los tratamientos de rayado de ramas (R) y Poda invernal (P inv), éstos tuvieron diferencias significativas con respecto a los tratamientos de sacarosa (S) y sacarosa combinado con urea (S+U), que representaron los menores valores. Los demás tratamientos lograron valores intermedios (Fig. 27).



Gariglio & Morando (2004), evaluaron las técnicas de aplicación de giberelinas a caída de pétalos, el rayado de ramas y la combinación de ambos tratamientos en naranja *Washington navel* y reportaron similares resultados, los cuales incrementaron el porcentaje de cuajado de frutos respecto al control, sin observar diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Además, Gravina (1999) reportó como eficaces estas técnicas aplicadas en plantas de naranja *Navelate* y del tangor *Ellendale*. Registró un aumento del cuajado final de frutos del 1,6 % a 2,6 % con respecto al control y advirtió que la respuesta al rayado de ramas está relacionada al momento de realización, es más efectiva cuando se aplica desde el inicio de la floración hasta cuatro semanas post caída de pétalos. De manera contraria a estos resultados obtenidos, Rivas *et al.* (2004) en experiencias en Uruguay con mandarina 'Nova' no pudieron mejorar el cuajado de frutos con GA a 20 ppm aplicada a caída de pétalos con respecto al control, pero lograron similares resultados con las técnicas de rayado solo o con GA a caída de pétalos en relación al control.

Crecimiento de los frutos

En cuanto a la evolución del diámetro ecuatorial y la tasa de crecimiento de los frutos, los distintos tratamientos no expresaron diferencias estadísticas con respecto al control (Fig. 28, 29 y 30).

El diámetro final alcanzado del control fue de 80 mm, al igual que en los tratamientos de poda en plena floración, giberelina a caída de pétalos, rayado de ramas y el de sacarosa combinado con urea. Este valor fue superado por el tratamiento de poda invernal, de 85 mm de diámetro ecuatorial final, y por el tratamiento de combinación de giberelina a caída de pétalos y rayado de ramas 20 días después, con 81 mm. El tratamiento con sacarosa registró un diámetro final de 78 mm y la aplicación de urea un valor de 76 mm.

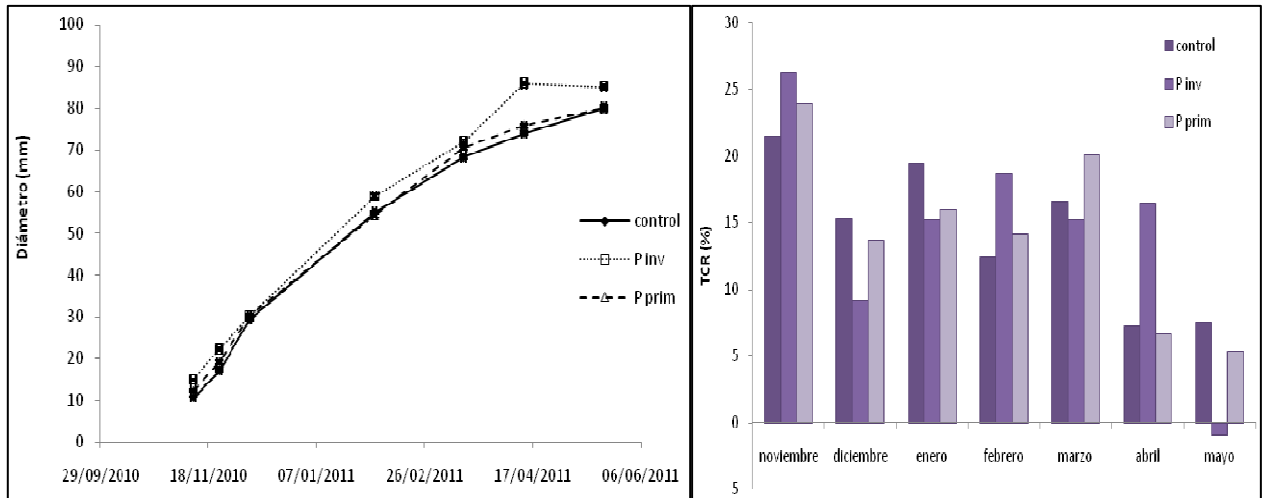


Figura 28. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos (en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de *Lanelate* en función de los tratamientos: poda invernal (P inv), poda de primavera (P prim) y control.

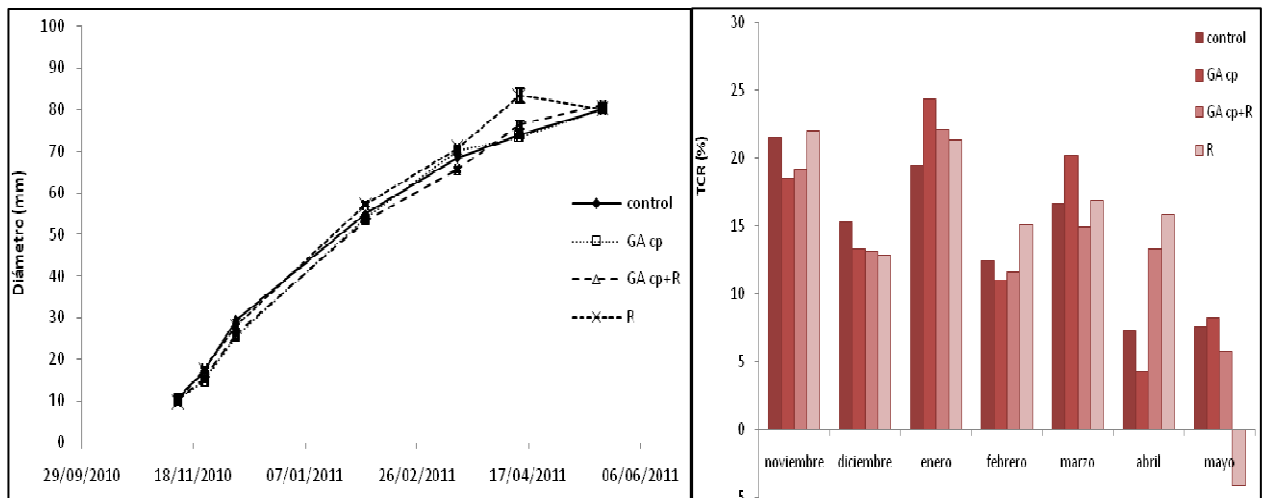


Figura 29. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos (en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de *Lanelate* en función de los tratamientos: giberelina a caída de pétalos (GA cp), rayado (R), combinación de ambas (GA cp + R) y control.

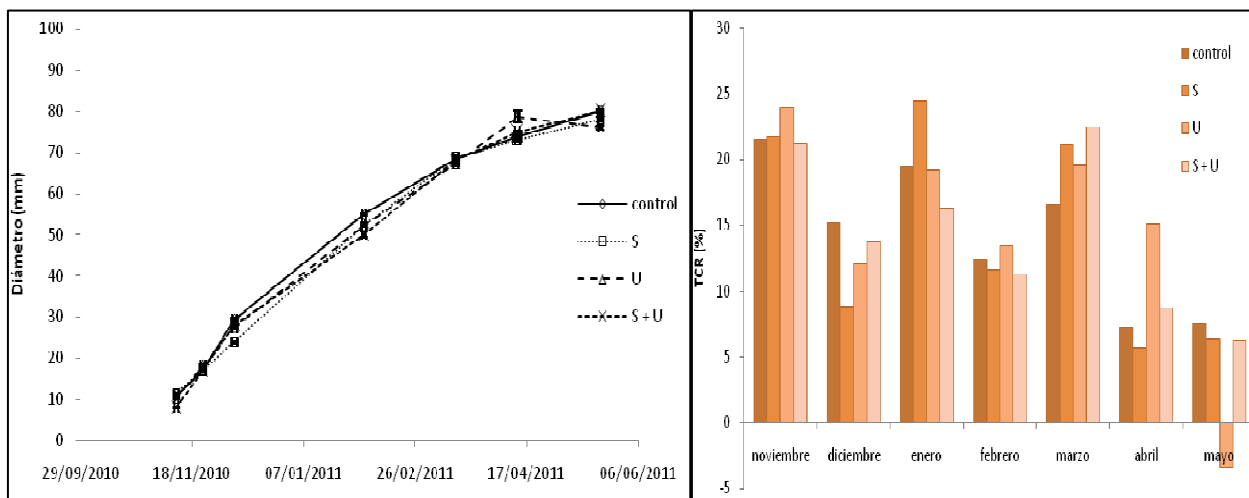


Figura 30. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos (en mm) y tasa de crecimiento relativo (en % del diámetro final) de *Lanelate* en función de los tratamientos: aplicación de sacarosa (S), aplicación de urea (U), combinación de ambas (S + U) y control.

Estos resultados coinciden con los de Gravina (1999) quien evaluó las curvas de crecimiento y sus tasas correspondientes en *Salustiana, Valencia, Lisbon* y *Ellendale*.

Rendimiento

En cuanto al número de frutos por árbol, ningún tratamiento fue superior al control, éste presentó diferencias estadísticas solamente con el tratamiento de poda primaveral. La variable peso del fruto no presentó diferencias entre tratamientos, por lo que el rendimiento estimado estuvo determinado principalmente por el primer parámetro en cuestión (Tabla 19).



Tabla 19. Componentes del rendimiento en la variedad *Lanelate* en el ciclo productivo 2010-11 en la región central de Santa Fe, según los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Nº frutos/árbol	peso fruto (g)	Rto. Estimado (kg/árbol)
<i>control</i>	192,8 ± 41,6 a	280 a	54,0 a
<i>sacarosa</i>	177,8 ± 81,6 ab	270 a	48,0 ab
<i>urea</i>	177,7 ± 17,3 ab	260 a	44,4 ab
<i>GA cp+R</i>	149,4 ± 39,2 ab	290 a	43,3 ab
<i>GA cp</i>	147,8 ± 56,6 ab	280 a	41,4 ab
<i>R</i>	145 ± 46,1 ab	280 a	40,6 ab
<i>P inv</i>	137,8 ± 79,6 ab	330 a	45,5 ab
<i>GA inv</i>	136 ± 31,8 ab	315 a	42,8 ab
<i>S + U</i>	131 ± 28,6 ab	280 a	36,7 ab
<i>P prim</i>	112,2 ± 60,9 b	280 a	31,4 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de LSD ($p \leq 0,05$) entre tratamientos. R: rayado de ramas, P inv: poda invernal, GAcp+R giberelina a caída de pétalos y rayado 25 días después, P prim: poda de primavera, GA inv: giberelina invernal, U: aplicación de urea foliar, S: aplicación de sacarosa foliar y S+U: combinación de sacarosa y urea.

El menor rendimiento registrado en la poda de plena floración (P prim) podría deberse a la intensidad de la misma ya que la planta respondió priorizando la partición de nutrientes hacia destinos vegetativos en detrimento de los reproductivos, lo cual limitaría la fuente de asimilados necesaria para satisfacer la alta demanda requerida para el crecimiento del fruto en esta etapa (Zaragoza *et al.*, 1992; Agustí, 2004; Sozzi, 2007).

La falta de respuesta en el rendimiento por árbol a las distintas técnicas de manipulación con respecto al control, se puede explicar debido a que las condiciones ambientales durante el ciclo productivo del 2010/11, durante la época de inducción floral (Tabla 9) y el periodo de cuajado de frutos (Tabla 14), no fueron limitantes. Otro factor que afecta el número de frutos por planta es la intensidad de floración, los valores registrados en el tratamiento control se encontraron en un rango adecuado (Fig. 25) por lo que no limitarían el cuajado de frutos y, por lo tanto, el rendimiento final.



6) CONCLUSIONES



6) CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales de la región central de Santa Fe definen una etapa de reposo invernal restrictivo al desarrollo del cultivo de cítricos debido a que no se alcanza el umbral mínimo de temperatura (13 °C) por un período de 1 a 3 meses, si se tiene en cuenta la temperatura media de junio a agosto, o de por lo menos 6 meses (de abril a septiembre) si se considera la temperatura media mínima.

En los ciclos productivos evaluados (excepto 2009/10), los momentos de inicio de floración, plena floración e inicio de cuajado de frutos coinciden con periodos donde la ETR estimada no alcanza los valores de ETP estimada.

Con respecto al comportamiento fenológico de la brotación de primavera, no se encontraron diferencias entre las variedades estudiadas, pero sí entre los años. Siendo el inicio de la brotación condicionado al mes en que la temperatura media del aire sea mayor a 13 °C y la del suelo mayor a 12 °C.

En cuanto a la fecha de inicio de recolección no se observaron diferencias significativas entre años pero sí entre variedades, que permiten obtener una oferta de fruta fresca en la región durante un periodo aproximado de siete meses.

En cuanto a los grados días de crecimiento acumulados (GDDA) requeridos para completar el desarrollo fenológico, se observó un aumento desde el año 2008 al 2010. Esto se podría atribuir, a cambios en los requerimientos de las plantas debidos a la mayor edad fisiológica.

Los factores ambientales de inducción floral en todos los años fueron intensos. El NHF fue en aumento desde el 2008 al 2010 y lo contrario ocurrió con el DEFH. La IF tuvo una respuesta positiva al NHF por parte de *Satsuma*, *Clemenules* y *Salustiana*, y una respuesta inversa a este factor, o bien, una respuesta positiva en relación al DEFH en *Whashington navel*, *Lanelate* y *Midknight*.

La proporción de los distintos tipos de brotes respondieron al componente genético pero además variaron según la influencia del año. La intensidad de floración se correlacionó positivamente con el porcentaje de brotes mixtos y ramilletes florales e inversamente a la proporción de brotes vegetativos.



En cuanto al patrón de abscisión de estructuras reproductivas, respondió, en la mayoría de las observaciones, a las características de la brotación y la intensidad de la floración. El mes donde se registró aproximadamente el 50% de abscisión de estructuras reproductivas fue octubre y esto finalizó en noviembre.

En el mes de octubre del 2009 se registraron $T^{\circ} > a 35^{\circ} C$, lo cual en todas las variedades se relacionó a un menor porcentaje de cuajado final de frutos, a un menor número de frutos por planta y rendimiento, en comparación a los años 2008 y 2010.

La variedad *Satsuma* se diferenció de las demás por un mayor porcentaje de cuajado de frutos en todos los años. El cuajado final de frutos estuvo relacionado inversamente con la intensidad de floración principalmente en las variedades *Washington navel*, *Lanelate*, *Midknight*, *Salustiana* y *Clemenules*, pero tuvo una relación directa en *Valencia late*.

La relación entre la intensidad de floración y el número de frutos por planta, fue inversa en las variedades *Whashington navel* y *Lanelate* y lineal directa en *Salustiana*.

Las curvas de crecimiento en diámetro de los frutos respondieron a un modelo sigmoideo, donde las mayores tasas de crecimiento fueron durante la primera y segunda fase del desarrollo del fruto y los mayores valores se observaron en las variedades de recolección temprana.

Se observó que el rendimiento estuvo determinado principalmente por el número de frutos por árbol. Los mayores valores los presentaron *Valencia late*, *Salustiana*, *Clemenules* y *Satsuma*. Por lo tanto se puede considerar una mejor adaptación de estas variedades a las condiciones agroclimáticas de la región. *Lanelate*, *Washington navel* y *Midknight* mejoraron el rendimiento en el 2010.

Con respecto a los parámetros de calidad de fruta a la cosecha, en todos los años las variedades lograron los requisitos exigidos para su comercialización en mercado interno o de exportación. Los mayores diámetros ecuatoriales se registraron en las naranjas ‘navel’ y los menores en *Clemenules* y *Satsuma*. Las variedades *Satsuma* y *Ellendale* produjeron frutos con porcentaje de jugo más elevado, mientras que *Clemenules* y el grupo de naranjas ‘navel’ fueron los menores. El índice de madurez se destacaron *Valencia late* y *Lanelate*. Los frutos obtuvieron una coloración de cáscara óptima de tipo anaranjada a excepción de *Satsuma* y *Clemenules*.



Las técnicas de manipulación aplicadas a la variedad *Lanelate* durante el año 2010, durante el reposo invernal, tuvieron los siguientes efectos: la aplicación de GA₃ provocó un retraso de la fecha de inicio de floración con respecto al control. Esta técnica resultó en un período de duración mayor del desarrollo de brotes y hojas con respecto al de poda. La intensidad de floración fue significativamente menor en el tratamiento de GA₃ en relación a la de poda pero ninguno se diferenció con el control.

Además de estas técnicas, se aplicaron otras de estímulo al cuajado de frutos: rayado de ramas, giberelina a caída de pétalos y combinación de GA a caída de pétalos con rayado 25 días después, poda de primavera, aplicación foliar de urea, de sacarosa y combinación de sacarosa y urea. Ningún tratamiento arrojó diferencias estadísticas con respecto al control en el porcentaje de cuajado final, el tamaño de los frutos, el número de frutos por planta y el rendimiento.

La falta de respuesta del rendimiento a las distintas técnicas de manipulación con respecto al control, se puede explicar debido a que las condiciones ambientales durante el ciclo productivo del 2010/11 no presentaron limitaciones al desarrollo. Además de las características de la brotación y la intensidad de floración, en el tratamiento control, se encontraron en un rango adecuado.



7) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



7) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUSTÍ, M. 2003. Citricultura. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 422 p.
- AGUSTÍ, M. 2004. Fruticultura. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 507 p.
- AGUSTÍ, M., F. GARCÍA-MARÍ & J.L. GUARDIOLA. 1982. Giberellic acid and fruit set in sweet orange. *Scient. Hortic.* 17: 257-264.
- AGUSTÍ, M.; C. MARTINEZ-FUENTE; M. J. MESEJO & V. ALMELA. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Ed. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 80 p.
- ANDRADE, F.; A. CIRILO; S. UHART & M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalbpress. 15-39 p.
- ARNOLD, C.Y. 1959. The determination and significance of base temperature in a linear heat unit system. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74:430-445.
- AZNAR, J.S. 1999. Reconocimiento de variedades de cítricos en campo. Ed. Generalitat valenciana. Valencia, España. 34 p.
- BOUZO, C.A.; N.F. GARIGLIO; M. PIROVANI & R.A. PILATTI. 2008. El etephon en presencia de luz mejora la coloración de la mandarina Satsuma durante el desverdizado. Libro de Resúmenes. *Horticultura Argentina* 27 (64): 101 p.
- BUYATTI, M.A.; N.G. MICHELOUD; E.S. PAGURA; S. NOCIONI; N.F. GARIGLIO; A.M. BELAVI; & S. GROSSO. 2009. Diagnóstico del sector productivo en la región centro de la Provincia de Santa Fe. Libro de Resúmenes de las XI Jornadas Nacionales de floricultura. 165 p.
- CÁCERES, L.M. 1980. Caracterización climática de la provincia de Santa Fe. Ministerio de agricultura y ganadería, dirección general de suelos y aguas. Provincia de Santa Fe. 38 p.
- CAMPANA, B.M.R. 2007. Capítulo 21. Índices de madurez, cosecha y empaque de frutas. (705-768 p.). En: G. Sozzi (ed.). *Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento*. Ed. Buenos Aires, Argentina.
- CARRAU, F. 2005a. Variedades de Citrus en el Uruguay. *Rev. INIA. Hortifruticultura.* 23-25.



- CARRAU, F. 2005b. Variedades de maduración tardía. Módulos de caracterización. Programa Nacional de Fruticultura. INIA Salto grande. 18 p.
- CEBALLOS-GUZMAN, C.A. 2009. Cultivos frutales alternativos. Consultado: 20/8/2010. Disponible en URL: [www.infofrut.com.ar . Publicaciones.](http://www.infofrut.com.ar/Publicaciones)
- CHAMPLIN, M.H. & M.N. WESTWOOD. 1980. Relationship of nutritional factors to fruit set. J. Plant Nutr. 2: 477-505.
- CHARLES, W.; J.R. COGGINS & L.H. GILBERT. 1988. A comprehensive California field study of the influence of preharvest applications of gibberelic acid on the rind quality of Valencia oranges. Israel J. of Botany. 37: 145-154.
- CHOUZA, X. & A. GRAVINA. 2010. Inducción Floral en *Citrus*. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal. 24 p.
- CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; MONTERDE, A.; NAVARRO, P. & A. SALVADOR. 2004. Nuevo sistema de medida de color para cítricos. Rev. Levante Agrícola, N° 37,: Especial Postcosecha 2004: 298-304.
- DAVENPORT, T.L. 1990. *Citrus* flowering. Hort. Rev. 12: 349-408.
- DE SOUZA PRADO, A.K.; E. CARUSO MACHADO; C.L. MEDINA; D. FAVERO MACHADO & P. MAZZAFERA. 2007. Florescimento e frutificação em laranjeiras ‘Valencia’ com diferentes cargas de frutos e submetidas au não irrigação. Bragantia. 66: 173-182.
- FAO. 2010. Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al año 2010. Consultado: 20/8/2010. Disponible en URL: www.fao.org/docrep.
- FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. Ed. John Wiley & Sons, Nueva York, USA. 338 p.
- FRUTIC. 2010. Fruticultura de Precisión. Evolución Fenológica. INTA Concordia. Consultado: 1/11/2010. Disponible en: <https://servicios.frutic.org.ar/frutic-web/>.
- GARCÍA, L.; V. ALMELA; C. MONERRI; M. AGUSTÍ & J. GUARDIOLA. 1986. Inhibition of flowering in vivo by existing fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*. Physiol. Plant. 66: 515-520.



- GARCÍA, L.; M. KANDUSER; P. SANTAMARINA & J. GUARDIOLA. 1992. Low temperature influence on flowering in *Citrus*. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiol. Plant.* 86: 648-652.
- GARCÍA, L.A.; F. FORNES & J.L. GUARDIOLA. 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in *Citrus*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (2): 222-227.
- GARCÍA, M.S.; P.E. LEVA; M.E. ZBRUN; M.A. VELES; J.A. GANDOLFO & S.E. VALTORTA. 2002. Tendencias de índices meteorológicos y biometeorológicos. *FAVE, Sección Ciencias Agrarias* 1: 27-36.
- GARIGLIO, N.F. 2010. Frambuesa, higuera y manzano. Cultivos alternativos para la zona pampeana. Conferencia presentada en el marco del XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. 28 de septiembre al 1 de octubre de 2010.
- GARIGLIO, N.F. & F.N. MORANDO. 2004. Mejora del cuajado de frutos en el naranjo dulce (*Citrus sinensis* L. Osb.) cv. 'Washington navel' a través del rayado de ramas y la aplicación exógena de giberelinas. Libro de resúmenes. XXVII Congreso Argentino de Horticultura. Villa de Merlo, San Luis. (FI1) 8 p.
- GARIGLIO, N.F.; R.A. PILATTI & M.A. FONFRÍA. 2007. Capítulo 2: Requerimientos ecofisiológicos de los árboles frutales. (43-80 p.). En: G. Sozzi (ed.). *Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento*. Ed. Buenos Aires, Argentina.
- GARIGLIO, N.F.; M.E. WEBER; D. CASTRO & N.G. MICHELOUD. 2012. Influence of the Environmental Conditions, the Variety, and Different Cultural Practices on the Phenology of Peach in the Central Area of Santa Fe (Argentina). (25 p). IN: Xiaoyang Zhang (ed.). *Phenology and Climate Change*. Ed. InTech. Croatia.
- GARRÁN, S.; M. RAGONE & J. CIUCIO. 1993. Observaciones fenológicas en plantas cítricas. Resúmenes XVI Congreso Argentino de Horticultura. 171 p.
- GIL-ALBERT VELARDE, F. 1996. Tratado de Arboricultura frutal. I. Morfología y Fisiología del Árbol Frutal. 4ª Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 102 p.



- GIORGI, R.; R.TOSOLINI; V. SAPINO; J. VILLAR; C. LEÓN & A. CHIAVASSA. 2008. Zonificación Agroeconómica de la Provincia de Santa Fe. INTA Rafaela. 35 p.
- GOBIERNO DE SANTA FE. 2008. Plan Estratégico de la Cadena Frutihortícola Santafesina. Consultado: 20/7/2011. Disponible en URL: www.santafe.gov.ar
- GOLDSCHMIDT, E.E. 1988. Regulatory aspects of chlorochromoplast interconversions in senescing *Citrus*, fruit peel. *Isr. J. Bot.* 47: 123-130.
- GOLDSCHMIDT, E.E. & S.P. MONSELISE. 1972. Hormonal Control of flowering in *Citrus* trees other woody perennials. (758-766 p.). In: D.J. Carr (ed.). *Plant Growth substances*. Ed. Springer verlag, Berlin.
- GOLDSCHMIDT E.E. & A. GOLOMB. 1982. The carbohydrate balance of alternate bearing *Citrus* trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 206-208.
- GOLDSCHMIDT E.E. & K.E. KOCH. 1996. Cap. 34 *Citrus* (797- 822 p.). In E. Zamski & A.A. Schaffer (eds.). *Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships*. Ed. Marcel Dekker. Inc. New York. Basel Hong Kong.
- GRAVINA, A. 1999. Ciclo fenológico – reproductivo en *Citrus*. *Bases Fisiológicas y de Manejo*. Universidad de la república, Facultad de Agronomía. 55 p.
- GRAVINA, A.; H. ARBIZA; A. FERENCZI; L. ORLANDO; V. SEVERINO; G. GAMBETTA; V. ALMELA & M. AGUSTÍ. 2000. Estudio del comportamiento alternante de la naranja Salustiana (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) en diferentes condiciones productivas. *Agrociencia IV* (1): 17-22.
- GRAVINA, A.; H. ARBIZA; A. TELIAS; F. BENZANO; V. D'OLIVEIRA FLORES; S. CASANOVA & G. GAMBETTA. 2004. Harvest Date Effect on Fruit Quality and Return Bloom in Three *Citrus* Cultivars. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 1: 284-290.
- GUARDIOLA, J.L. & A. GARCÍA-LUIS. 2000. Increasing fruit size in *Citrus*. Thinning and stimulation of fruit growth. *Plant Growth Regulation*. 31: 121-132.
- GUARDIOLA, J.L.; F. GARCÍA-MARÍ & M. AGUSTÍ. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. *Physiol. Plant*. 62: 297-302.



- GUARDIOLA, J.L.; M.T. BARRES; C. ALBERT & A. GARCÍA-LUIS. 1993. Effects of exogenous growth regulators on fruit development in *Citrus unshiu*. *Annals of Botany*. 71: 169-176.
- HARDY, S.; T. KHURSHID. 2007. Calculation heat units for *Citrus*. *Primefacts* 749: 1-3.
- HARTY, A.R. & V. STADEN. 1988. The use of growth retardants in citriculture (Review). *Israel J. of Botany*. 37: 155-164.
- IGLESIAS, D.J.; M. CERCOS; J. M. COLMENERO FLORES; M. NARANJO; G. RÍOS; E. CARRERA; O. RUIZ-RIBERO; I. LLISO; R. MORILLON; F.R. TADEO; M. TALON. 2007. Physiology of *Citrus* fruiting. Review. *Braz. J. Plant Physiol.* 19 (4): 333-362.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2008. Frutales: superficie y variedades implantadas (en línea). Consultado: 20/8/2010. Disponible en URL:
<http://www.indec.gov.ar/nuevaweb/cuadros/11/y050105.xls>.
- INFOSTAT. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 1991. Carta de suelos de la República Argentina, Hojas 3160- 25 y 26. Esperanza-Pilar. Imprenta E.E.A. I.N.T.A. Rafaela, Santa Fe. 135 p.
- IPEC (Instituto Provincial de Estadísticas y Censos). 2009. Fruticultura: cantidad de plantas por especie según departamentos (en línea). Consultado el 23/6/2011. Disponible en URL:
<http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/14204>.
- JACKSON, D.I. & N.E. LOONEY. 2003. Producción de frutas de climas templados y subtropicales. Ed. Acirbia. Zaragoza (España). 268 p.
- KLEIN, I. & S.A. WEIMBAUM. 1984. Foliar application of urea to olive. *J. AMER. Soc. Hort. Sci.* 109: 356-360.
- KNEZEVIC, S.Z.; J.C. STREIBIG; C. RITZ. 2007. Utilizing R Software Package for Dose-Response Studies: The Concept and Data Analysis. *Weed Technology* 21:840–848.
- KNISS, A.R.; J.D. VASSIOS; S.J. NISSEN; C.RITZ. 2011. Nonlinear Regression Analysis of Herbicide Absorption Studies. *Weed Science* 59:601–610.



- KÖPPEN, W. 1931. Grundriss der Klimakunde, Walter De Gruyter & Co. Berlin und Leipzig. Aufl. XII. 388 p.
- KOSHITA, Y. & T. TAKAHARA. 2004. Effect of water stress on flower- bud formation and plant hormone content of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Sci. Hort. 99: 301-307.
- KOSHITA, Y.; T. TAKAHARA; T. OGATA & A. GOTO. 1999. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Scientia Horticulturae 79: 185-194.
- KRAJEWSKY, A. & E. RABE. 1995. *Citrus* flowering: A critical evaluation. J. Hort. Sci., 70 (3): 357-374.
- LEGAZ, F.; E. PRIMO-MILLO; E. PRIMO-YUFERA; C. GILL & J.J. RUBIO. 1982. Nitrate fertilization in *Citrus*. Plant soil. 66: 339-351.
- LIETH, H. 1974. Phenology and Seasonality Modelling. (Ecological Studies-Analysis and Synthesis Series. Vol 8. Springer, Berlin, Germany.
- LOVATT, C.J.; Y. ZENG & K.D. HAKE. 1988a. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in *Citrus*. Israel J. Bot. 37: 181-188.
- LOVATT, C.J.; Y. ZENG & K.D. HAKE. 1988b. A new look at the Kraus-Kraybill hypothesis and flowering of *Citrus*. Proc. 6 th intl. Citrus Congr. 1: 475-483.
- MEDINA-URRUTIA, V.M.; G. ZAPIAIN ESPARZA; M.M. ROBLEZ GONZALES; O. PEREZ ZAMORA; M. OROZCO SANTOS; T. WILLIAMS & S. BECERRA RODRIGUEZ. 2007. Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. Rev. Fitotec. México. Vol. 30 (2): 133-143.
- MICHELOUD, N.G.; R.A. PILATTI; M. BUYATTI; L.M. RISTA & N.F. GARIGLIO. 2010. Efecto del sistema de plantación sobre el daño por sol a frutos de mandarina satsuma en la zona centro de Santa Fe (Argentina). Libro de Resúmenes del XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. 105 p.
- MOSS, G. I. 1976. Temperature effects on flower initiation in sweet orange (*Citrus sinensis*). Aust. J. Agric. Res. 27: 399-407.



- NAKAJIMA, Y.; S. SUSANTO & K. HASEGAWA. 1993. Influence of Water Stress in Autumn on Flower Induction and Fruiting in Young Pomelo Trees. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62 (1): 15-20.
- NEVIN, J.M. & C.J. LOVATT. 1987. Demonstration of ammonia accumulation and toxicity in avocado leaves during water-deficit stress. *S. Afr. Avocado Grow. Ass.* 10: 51-54.
- PAGLIARICCI, L.; L. IRIARTE & S. BRIEVA. 2010. Canales de comercialización y modalidades comerciales utilizadas por los productores frutícolas de naranja de ombligo del partido de San Pedro, Buenos Aires. Libro de resúmenes. *Horticultura Argentina* 29 (70) 94 p.
- PALACIOS, J. 2005. Citricultura. Imp. Alfa Beta. Buenos Aires, Argentina. 518 p.
- PEREIRA, A.R.; L.R. ANGELOCCI & P.C. SENTELHAS. 2002. Agrometeorología. Fundamentos y aplicaciones prácticas. Ed. Agropecuaria. Guaíba, Brasil. 472 p.
- PERREN, R.A. 2008. Cultivos frutihortícolas no tradicionales en la provincia de Santa Fe. Información económica para la gestión. Libro de Resúmenes. *Horticultura Argentina* 27 (64) 89 p.
- PETRI, J.L.; F.J. HAWERROTH & G.B. LEITE. 2008. Fenología de especies silvestres de macieira como polinizadoras das cultivares Gala e Fuji. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Vol.30 (4): 868-874.
- PILATTI, R.A.; N.G. MICHELOUD; M.S. GARCÍA & N.F. GARIGLIO. 2009a. Efecto del estrés hídrico sobre la inducción floral en cítricos cultivados en la zona centro de Santa Fe (Argentina). Libro de Resúmenes del XXXII Congreso Argentino de Horticultura. 28 (67): 111 p.
- PILATTI, R.A.; V.L. DOVIS; N.F. GARIGLIO; M.A. BUYATTI & N.G. MICHELOUD. 2009b. Efecto de la fertilización foliar con nitrógeno sobre la floración, el establecimiento de frutos y el rendimiento en cítricos. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias* 8 (2): 19-28.
- PILATTI, R.A.; N.G. MICHELOUD; N.F. GARIGLIO; V.L. DOVIS; A.M. GOLLAN & G.R. LASSAGA. 2010. Rayado de ramas: su efecto en el aumento del cuajado de frutos en cítricos en la zona central de Santa Fe. Libro de Resúmenes del XXXIII Congreso Argentino de Horticultura 29 (70): 99 p.
- PIMENTEL, C.; C. BERNACCHI & S. LONG. 2007. Limitations to photosynthesis at different temperatures in the leaves of *Citrus limon*. *Braz. J. Plant Physiol.* 19 (2): 141-147.



- POWERANTO, R. & H. INOWE. 1990. Effect of air and soil temperatures on flower development and morphology of *Satsuma mandarin*. J. Hort. Sci. 65 (6): 739-745.
- PRIESTLY, C.A. 1977. The annual turnover of resources in young olive trees. J. Hort. Sci. 52: 105-112.
- RECALDE, M.L. 2003. Los cítricos y sus derivados: Determinantes de su competitividad. Actualidad Económica. 54: 9-22.
- RIBEIRO, R.V. & MACHADO, E.C. 2007. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. Review. Braz. J. Plant Physiol. 19 (4): 393-411.
- RITZ, C. & J.C. STREIBIG. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software 12:1–22.
- RIVADENEIRA, M.F. 2010. Grados días acumulados en naranjas y mandarinas sobre pie trifolío. INTA EEA Concordia. Libro de Resúmenes del XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. 29 (70) 97 p.
- RIVAS, F.; C. FRASCHINI; M. LANFRANCO; A. BORGES; M. ESPINO & A. GRAVINA. 2004. Characterization and Improvement of Potential Productivity of ‘Nova’ Mandarin in Uruguay. Proc. Int. Soc. Citriculture. 385-391.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). 2010. Perfil de mercado de cítricos. Consultado. 20/8/2010. Disponible en:
http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/dma/frutas/perfil_citricos_2008.pdf
- SANTOS, M.G. & C. PIMENTEL. 2009. Daily balance of leaf sugars and amino acids as indicators of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) metabolic response and drought intensity. Physiol. Mol. Biol. Plants. 15 (1): 23-30.
- SCHOLBERG, J.M.S.; L.R. PARSON; T.A.WHEATON; B.L. MCNEAL & K.T. MORGAN. 2002. Soil Temperature, Nitrogen Concentration, and residence time affects Nitrogen uptake efficiency in *Citrus*. J. Environmental Quality 31: 759-768.
- SCHOLEFIELD, P.D.; M. SEDGLEY & E.D. MCALEXANDER. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. Scientia Hort. 25: 99-110.



- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 1983. Resolución N° 145: Reglamento de calidad de frutas cítricas para mercado interno y exportación.
- SLAFER, G.; D. MIRALLES; R. SAVIN; E. WHITECHURCH & F. GONZALEZ. 2004. Cap. 7 Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. (112-117p.). En: Satorre, E. *et al.* (eds.). Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. FAUBA. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires. Argentina.
- SOUTHWICK, S. & T. DAVENPORT. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in *Citrus*. *Plant. Physiol.* 81: 26-29.
- SOZZI, G.O. 2007. Capítulo 20: Fisiología de la maduración de los frutos de especies leñosas. (669-686 p.). En: G.O. Sozzi (ed.). Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento. Ed. Buenos Aires, Argentina.
- SYLVERTSEN, J.P. & J.J. LLOYD. 1994. Chapter 4: *Citrus* (65-99 p.). In: Shaffer, B. & Andersen (Eds). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Volume II: Subtropical and Tropical Crops.* P.C. Ed. CRC Press, Inc. Florida (USA).
- TAIZ, L. & E. ZEIGER. 2004. Chapter 20. Gibberellins: Regulator of Plant Height and Seed Germination. (510-538 p.). In. (Taiz & Zeiger eds.). *Plant Physiology.* Four edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts. U.S.A.
- TALON, M. 1997. Regulación del cuajado del fruto en cítricos. Evidencias y conceptos, IVIA. *Rev. Levante Agrícola.* Valencia España. 36 (338): 27-37.
- TAMIM, M.; A. ALTMAN; R. GOREN & E. GOLDSCHMIDT. 1996. Modification of the time and intensity of flowers in citrus cultivars by water stress, light, low temperature and growth regulators. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 2: 945-948.
- THORNTWAITE, C.W. 1948. An approach toward a rational clasification of climate. *The Geographical Review.* XXXVIII: 55-94.
- THORNTWAITE, C.W.; J.R. MATHER. 1955. *The water balance: publications in climatology.* New Jersey: Drexel institute of Technology. 104 p.



- TRAVADELO, M.; N.F. GARIGLIO; M. MAINA; C. BRIZI; M.H. SORDO. 2008. Caracterización de emprendimientos dedicados al cultivo de frambuesa en el centro de la provincia de Santa Fe. Libro de Resúmenes. *Horticultura Argentina* 27(64) 87 p.
- TRAVADELO, M.; M. MAINA; N. ROSSLER; M.C. BRIZI; R. PERREN. 2009. Comercialización de higo y frambuesa en el mercado central de Buenos Aires (MCBA) como especies frutales de interés para la región central de Santa Fe. Período 2006-2008. Libro de Resúmenes. *Horticultura Argentina* 28 (67) 105 p.
- TRAVADELO, M.; M.H. SORDO; C. PERNUZZI; J.C. FAVARO; R. PERREN; N.F. GARIGLIO; A. & CARBONI. 2010. Impacto de la diversificación con frambuesa en empresas hortícolas de la zona de Coronda (provincia de Santa Fe): aspectos económicos, financieros y de uso de la mano de obra. Libro de Resúmenes. *Horticultura Argentina* 29 (70) 95 p.
- VASCONCELOS RIBEIRO, R.; E. CARUSO MACHADO & O. BRUNINI. 2006. Ocorrência de condicoes ambientais para a inducao do florescimento de laranjeiras no estado de Sao Paulo. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal* 28 (2): 247-253.
- WAREING, S.A. & J. PATRICK. 1975. Source sink relations and the partition of assimilates in the plant. In: *Photosynthesis and Productivity in different environments. Intl. Biol. Prog.* 3: 481-499.
- YAMANISHI, O.K.; Y. NAKAJIMA & K. HASEGAWA. 1993. Effect of late season trunk strangulation on fruit quality, return bloom and fruiting in Pummelo trees grown in a plastic house. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62 (2): 337-343.
- ZARAGOSA, S.; I. TRENOR; E. ALONSO; E. PRIMO-MILLO & M. AGUSTÍ. 1992. Treatments to increase the final fruit size on Satsuma 'Clauselina'. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 2: 1-24.
- ZILKAH, S.; I. KLEIN; S. FEIGENBAUM & S.A. WEINBAUM 1987. Translocation of foliar-applied urea 15N to reproductive and vegetative sinks of avocado and its effect on initial fruit set. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 1061-1065.



8) ANEXO



8) ANEXO

Anexo I: Datos meteorológicos (valores medios mensuales) de los años 2008 al 2011 de la localidad de Esperanza (Santa Fe):

2008	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
RS (Mj/m ²)	24,1	20,9	17,4	12,9	9,4	6,6	6,3	11,5	15,5	17,9	22,1	23,5
T MÁX (°C)	31,1	29,45	29,24	27,35	23,5	18	21,83	22,86	24,58	26,75	32,34	32,81
T MED (°C)	25,25	22,62	22,95	18,85	16,04	10,5	15,73	14,32	16,97	20,32	24,77	26,03
T MIN (°C)	18,2	18,27	17,5	11,6	10,28	4,13	10,65	6,42	9,35	13,88	17,08	18,33
T SUE (°C)	25,31	22,6	22,86	19,65	16,4	11,3	14,95	14,21	17,19	19,91	24,94	26,19
Ppacum (mm)	129	182	66	59	21	0	4	0	34	106	71	36
HR (%)	67,3	72,3	74,7	67,4	71,5	72,7	75,5	58,8	58,1	68,6	61,6	61,1

2009	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
RS (Mj/m ²)	23,0	22,4	19,2	19,4	7,9	7,3	7,9	11,1	13,1	20,9	20,0	21,2
T MÁX (°C)	33,37	29,47	29,29	27,37	23,5	18,5	17,99	24,17	20,13	27,23	30,07	28,27
T MED (°C)	25,94	23,36	22,53	20,04	17,35	11,3	10,51	16,74	14,42	20,25	24,42	23,71
T MIN (°C)	18,25	17,4	16,52	13,65	11,53	4,9	3,89	9,66	8,73	13	18,04	18,4
T SUE (°C)	27,12	24,76	23,47	21,28	17,78	11,6	10,73	14,93	15,58	20	24,79	23,3
Ppacum (mm)	38	130	216	53	28	12	76	5	91	92	218	322
HR (%)	60,4	70,9	72,9	70,3	75,6	74,2	67,5	64,7	75,2	63,9	75,2	77,2

2010	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
RS (Mj/m ²)	27,9	23,2	31,4	12,5	8,2	8,4	11,2	12,8	14,4	18,8	22,7	24,3
T MÁX (°C)	32,36	30,52	28,59	25,18	20,65	16,8	17,16	16,66	22,32	25,34	30,21	32,57
T MED (°C)	25,93	23,37	22	18,57	14,95	12	11,79	10,53	14,7	19,01	23,31	25,77
T MIN (°C)	19,71	16,99	15,69	12,67	9,37	6,52	5,25	5,03	9,58	11,69	15,6	18,97
T SUE (°C)	28,3	24,27	21,5	18,66	14,91	12,9	11,74	11,04	16,28	19,33	23,95	26,85
Ppacum (mm)	159	307	138	83	61	3	9	6	74	45	58	133
HR (%)	82,9	81,2	81,5	79,1	82,2	72,2	65,5	67,5	74,6	68,9	63,4	63,8

2011	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
RS (Mj/m ²)	22,95	20,2	18,0	12,1	7,9	5,7	7,4	-	-	-	27,8	26,0
T MÁX (°C)	34	30,25	29,82	26,21	21	16,8	16,84	17,58	24,5	23,58	29,89	31,1
T MED (°C)	27	24,67	22,87	19,3	15,23	11,8	10	11,63	17,2	18,5	25,23	25,53
T MIN (°C)	20,75	19	16,45	13,13	10,51	7,5	5,5	5,9	9,8	13,35	18,83	18,75
T SUE (°C)	29	26,5	25,4	20,63	16,43	13,4	10,13	12,8	16,5	-	24,51	26
Ppacum (mm)	161	127	153	120	56	32	14	54	31	194	115	38
HR (%)	72,6	80,0	74,5	78,5	84,9	86,8	77,4	72	58	74,2	72,4	64,6



Anexo 2: Cálculos de ETP del período 2008-2011:

	2008											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	25,25	22,62	22,95	18,85	16,04	10,5	15,73	14,32	16,97	20,32	24,77	26,03
i	22,95	20,56	20,86	17,13	14,58	9,54	14,3	13,02	15,43	18,47	22,52	23,66
I	213	207,6	207,6	207,6	207,6	208	207,6	207,6	207,6	207,6	207,6	207,6
a	4,217	4,122	4,122	4,122	4,122	4,12	4,122	4,122	4,122	4,122	4,122	4,122
días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
H	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2	10,4	11,1	12	12,9	13,6	14
c	1,197	1,027	1,068	0,958	0,913	0,85	0,896	0,956	1	1,111	1,133	1,206
ETP (mm)	154	110,4	116,5	85,88	69,6	42,4	66,97	65,07	80,67	107,3	133,5	149,2

	2009											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	25,94	23,36	22,53	20,04	17,35	11,26	10,51	16,74	14,42	20,25	24,42	23,71
i	23,58	21,23	20,48	18,22	15,77	10,24	9,553	15,22	13,11	18,41	22,2	21,55
I	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5	209,5
a	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156	4,156
días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
H	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2	10,4	11,1	12	12,9	13,6	14
c	1,197	1,027	1,068	0,958	0,913	0,85	0,896	0,956	1	1,111	1,133	1,206
ETP (mm)	151,4	116,9	117,2	93,6	77,18	46,65	45,87	77,98	70,28	109,6	134,9	139,3

	2010											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	25,93	23,37	22	18,57	14,95	11,95	11,79	10,53	17,27	19,01	23,31	25,77
i	23,57	21,24	20	16,88	13,59	10,86	10,72	9,572	15,7	17,28	21,19	23,42
I	204	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8	210,8
a	4,06	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178	4,178
días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
H	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2	10,4	11,1	12	12,9	13,6	14
c	1,197	1,027	1,068	0,958	0,913	0,85	0,896	0,956	1	1,111	1,133	1,206
ETP (mm)	141,1	118,8	116,3	88,12	67,57	50,29	52,28	49,84	85,51	104,6	130,8	153,8

	2011											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	27	24,67	22,87	19,3	15,23	11,8	10	11,63	17,2	18,5	25,23	25,53
i	24,54	22,42	20,79	17,54	13,84	10,7	9,09	10,57	15,63	16,82	22,93	23,21
I	208,1	207,6	207,6	207,6	207,6	208	207,6	207,6	207,6	207,6	207,6	207,6
a	4,132	4,122	4,122	4,122	4,122	4,12	4,122	4,122	4,122	4,122	4,122	4,122
días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
H	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2	10,4	11,1	12	12,9	13,6	14
c	1,197	1,027	1,068	0,958	0,913	0,85	0,896	0,956	1	1,111	1,133	1,206
ETP (mm)	154,7	120,4	116,1	87,93	66,09	47,7	42,57	52,85	81,77	97,7	135,9	146,3



Anexo 3: Balance hídrico climatológico del período 2008-2011:

2008	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
PP (mm)	129	182	66	59	21	0	4	0	34	106	71	36	708
ETP (mm)	143,7	110,4	116	85,9	69,6	42,43	67	65,07	80,7	107,3	133,5	149,2	1171,2
DP (mm)	-14,7	71,6	-50	-27	-49	-42,4	-63	-65,1	-47	-1,31	-62,5	-113,2	-463,16
ALM (mm)	0,34	71,6	43,2	33	20,3	13,29	7,08	3,694	2,32	2,286	1,224	0,39	
VALM (mm)	-0,05	71,26	-28	-10	-13	-7,02	-6,2	-3,39	-1,4	-0,03	-1,06	-0,82	
ETR (mm)	129,05	110,4	94	69	34	7,02	10,2	3,39	35,4	106	72,06	36,83	707,4
EXC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEF (mm)	-14,6	0	-22	-17	-36	-35,4	-57	-61,7	-45	-1,28	-61,4	-112,37	-463

2009	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
PP (mm)	38	130	216	53	28	12	76	5	91	92	218	322	1281
ETP (mm)	151,4	116,9	117	93,6	77,2	46,65	45,9	77,98	70,3	109,6	134,9	139,3	1181
DP (mm)	-113	13,11	98,8	-41	-49	-34,6	30,1	-73	20,7	-17,6	83,1	182,7	100,1
ALM (mm)	0,127	13,24	100	66,6	40,7	28,81	58,9	28,4	49,1	41,16	100	100	
VALM (mm)	-0,27	13,11	86,8	-33	-26	-11,9	30,1	-30,5	20,7	-7,94	58,84	0	
ETR (mm)	38,27	116,9	117	86	54	23,9	45,9	35,5	70,3	99,94	134,9	139,3	
EXC (mm)	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	24,3	82,7	
DEF (mm)	-113	0	0	-7,6	-23	-22,7	0	-42,5	0	-9,69	0	0	

2010	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
PP (mm)	159	307	138	83	61	3	9	6	74	45	58	133	1076
ETP (mm)	153,7	118,8	116	88,1	67,6	50,29	52,3	49,84	85,51	104,6	130,8	153,8	1172
DP (mm)	5,259	188,2	21,7	-5,1	-6,6	-47,3	-43	-43,8	-11,51	-59,6	-72,8	-20,8	-95,6
ALM (mm)	100	100	100	95	89	55,44	36	23,2	20,68	11,4	5,504	4,469	
VALM (mm)	0	0	0	-5	-6	-33,5	-19	-12,8	-2,523	-9,28	-5,89	-1,03	
ETR (mm)	153,7	118,8	116	88	67	36,5	28	18,8	76,52	54,28	63,89	134	
EXC (mm)	5,26	88,2	21,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DEF (mm)	0	0	0	-0,1	-0,6	-13,8	-24	-31	-8,991	-50,3	-66,9	-19,8	

2011	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
PP (mm)	161	127	153	120	56	32	14	54	31	194	115	38	1095
ETP (mm)	154,7	120,4	116	87,9	66,1	47,68	42,6	52,85	81,77	97,7	135,9	146,3	1150
DP (mm)	6,28	6,593	36,9	32,1	-10	-15,7	-29	1,153	-50,77	96,3	-20,9	-108	-55,1
ALM (mm)	10,75	17,34	54,2	86,3	78	66,71	50,1	51,28	30,87	100	81,11	27,46	
VALM (mm)	6,28	6,593	36,9	32,1	-8,3	-11,3	-17	1,153	-20,42	69,13	-18,9	-53,7	
ETR (mm)	154,7	120,4	116	87,9	64,3	43,3	31	52,85	51,42	97,7	133,9	91,7	
EXC (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,2	0	0	
DEF (mm)	0,02	0	0	0	-1,8	-4,38	-12	0	-30,35	0	-2,03	-54,6	



Anexo 4: Comparación climática regional:

Temperatura media mensual (°C):

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	anual
San Pedro ¹ 33° 41' S	23,9	22,7	20,8	17,1	13,7	10,8	10,3	11,7	13,9	17,1	20	22,7	17,1
Esperanza² 31° 26' S	25,1	24,4	21,9	17,7	15	12,5	11,7	13,1	15,1	18,2	21,2	23,9	18,3
Concordia ³ 31° 03' S	26	24,7	22,9	19,1	15,2	13,1	12,2	14	15,8	19,1	21,4	23,8	18,9
Reconquista ⁴ 29° 11' S	26,2	25,1	23,6	20	16,9	14,4	13,8	15,3	17,3	20,3	22,4	24,7	20

Precipitación media mensual (mm):

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	anual
San Pedro ¹ 33° 41' S	115,6	119,2	134,2	93,7	61,9	46,5	45,5	39,6	61,7	118,1	110,1	109,6	1055,6
Esperanza² 31° 26' S	134	127	145	95	55	41	25	25	92	69	61	73	942
Concordia ³ 31° 03' S	123,9	148,9	148,7	157	114,6	101,9	56	54,1	113,3	175,4	129,5	119,3	1442,8
Reconquista ⁴ 29° 11' S	135	152,2	162,1	143,9	60,8	45,2	32,9	27,4	57,5	131,4	144,6	143,2	1251,8

¹ INTA Estación Experimental Agropecuaria San Pedro, serie histórica 1965-2010.

² datos meteorológicos FCA-UNL (1997-2007).

³ Concordia Aerodrome. Estación meteorológica 873.950 (SAAC), serie 1973-2012.

⁴ Observatorio Agrometeorológico INTA EEA Reconquista, serie 1970-2012.



Anexo 5: Fecha media de los estados fenológicos vegetativos y reproductivos de la brotación primaveral de los años 2008, 2009 y 2010:

2008		Satsuma	Clemen.	New hall	Navelina	Wash navel	Lane late	Salust	Ellendale	Murcott	Delta seedless	Midk	Valencia late
Estados Vegetativos	B1	12-8	10-8	1-8	1-8	8-8	3-8	8-8	8-8	8-8	3-8	5-8	8-8
	B2	13-8	20-8	7-8	7-8	15-8	10-8	18-8	18-8	15-8	13-8	14-8	15-8
	B3	14-8	29-8	13-8	13-8	25-8	19-8	25-8	31-8	28-8	22-8	24-8	24-8
	B3-4	15-8	10-9	25-8	25-8	5-9	25-8	28-8	15-9	15-9	29-8	28-8	31-8
	B4	16-8	23-9	5-9	5-9	22-9	17-9	13-9	22-9	28-9	22-9	13-9	15-9
	B5	17-8	1-10	25-9	1-10	1-10	27-9	27-9	8-10	1-10	30-9	27-9	28-9
	B6	18-8	9-10	8-10	12-10	8-10	12-10	10-10	12-10	12-10	7-10	9-10	8-10
Estados Reproductivos	F1,0	19-8	10-8	1-8	1-8	1-8	1-8	16-8	3-8	10-8	1-8	3-8	10-8
	F1,1	20-8	15-8	7-8	7-8	7-8	7-8	24-8	10-8	22-8	7-8	10-8	15-8
	F2	21-8	26-8	13-8	13-8	13-8	13-8	31-8	18-8	25-8	13-8	17-8	24-8
	F3	22-8	31-8	29-8	29-8	25-8	25-8	10-9	29-8	1-9	25-8	29-8	5-9
	F4	23-8	3-9	1-9	1-9	29-8	31-8	13-9	1-9	5-9	31-8	1-9	8-9
	F5	24-8	12-9	10-9	7-9	5-9	3-9	22-9	5-9	18-9	5-9	9-9	22-9
	F6	25-8	25-9	25-9	23-9	20-9	23-9	29-9	20-9	28-9	23-9	25-9	30-9
	F7	26-8	1-10	8-10	30-9	1-10	30-9	10-10	1-10	12-10	5-10	8-10	10-10

2009		Satsuma	Clemen.	New hall	Navelina	Wash. navel	Lane late	Salust.	Ellendale	Murcott	Delta seedles	Midkn.	Valencia late
Estados Vegetativos	B1	7-9	29-8	25-8	24-8	25-8	23-8	29-8	31-8	1-9	28-8	25-8	29-8
	B2	23-9	8-9	6-9	3-9	9-9	9-9	10-9	13-9	15-9	10-9	9-9	10-9
	B3	3-10	14-9	15-9	13-9	20-9	19-9	17-9	21-9	25-9	23-9	16-9	17-9
	B3-4	10-10	29-9	26-9	23-9	27-9	28-9	25-9	1-10	2-10	2-10	22-9	28-9
	B4	15-10	5-10	5-10	2-10	6-10	3-10	4-10	7-10	5-10	7-10	4-10	4-10
	B5	31-10	23-10	16-10	10-10	16-10	17-10	14-10	19-10	16-10	27-10	18-10	16-10
	B6	6-11	3-11	28-10	30-10	2-11	1-11	1-11	3-11	3-11	5-11	3-11	7-11
Estados Reproductivos	F1,0	5-9	2-9	25-8	24-8	25-8	25-8	1-9	2-9	2-9	2-9	2-9	5-9
	F1,1	15-9	12-9	7-9	31-8	3-9	6-9	9-9	9-9	14-9	8-9	9-9	10-9
	F2	24-9	19-9	17-9	13-9	12-9	13-9	16-9	16-9	23-9	19-9	16-9	15-9
	F3	3-10	28-9	23-9	21-9	20-9	25-9	28-9	23-9	1-10	27-9	26-9	25-9
	F4	5-10	2-10	26-9	26-9	23-9	29-9	1-10	26-9	3-10	30-9	2-10	28-9
	F5	10-10	4-10	4-10	4-10	3-10	5-10	4-10	2-10	6-10	6-10	6-10	5-10
	F6	12-10	8-10	10-10	11-10	8-10	12-10	11-10	10-10	10-10	14-10	11-10	10-10
	F7	25-10	27-10	29-10	25-10	25-10	31-10	23-10	21-10	25-10	26-10	26-10	23-10



2010		<i>Satsuma</i>	<i>Clemenules</i>	<i>Washington navel</i>	<i>Lane late</i>	<i>Salustiana</i>	<i>Ellendale</i>	<i>Delta seedles</i>	<i>Midknight</i>	<i>Valencia late</i>
Estados Vegetativos	B1	17-9	5-9	4-9	2-9	5-9	11-9	5-9	5-9	5-9
	B2	30-9	16-9	19-9	13-9	18-9	20-9	17-9	19-9	19-9
	B3	8-10	30-9	26-9	24-9	28-9	27-9	28-9	26-9	26-9
	B3-4	11-10	7-10	7-10	30-9	7-10	1-10	5-10	7-10	3-10
	B4	17-10	17-10	15-10	7-10	11-10	7-10	9-10	15-10	15-10
	B5	24-10	25-10	22-10	18-10	17-10	18-10	20-10	22-10	22-10
	B6	3-11	5-11	29-10	8-11	30-10	27-10	30-10	30-10	29-10
Estados Reproductivos	F1,0	17-9	9-9	6-9	15-9	15-9	19-9	7-9	7-9	8-9
	F1,1	25-9	18-9	10-9	22-9	22-9	25-9	10-9	12-9	17-9
	F2	3-10	25-9	21-9	28-9	28-9	30-9	15-9	19-9	21-9
	F3	9-10	4-10	26-9	6-10	4-10	9-10	20-9	26-9	24-9
	F4	11-10	7-10	1-10	9-10	7-10	11-10	24-9	7-10	2-10
	F5	20-10	13-10	8-10	14-10	10-10	15-10	6-10	15-10	15-10
	F6	24-10	18-10	17-10	19-10	18-10	20-10	20-10	20-10	17-10
	F7	28-10	26-10	1-11	2-11	27-10	30-10	2-11	2-11	1-11

Anexo 6: Fecha media de inicio de cosecha:

Año	<i>Satsuma</i>	<i>Clemen.</i>	<i>New hall</i>	<i>Navelina</i>	<i>Wash. n.</i>	<i>Salustiana</i>	<i>Lane l.</i>	<i>Ellend</i>	<i>Murcott</i>	<i>Midkn.</i>	<i>Delta s.</i>	<i>Valencia</i>
2009	8 mar	5 abr	20 abr	18 abr	22 abr	22 abr	15 jun	22 jun	18 jun	18 ago	22 ago	15 sep
2010	30 mar	20 abr	25 abr	22 abr	26 abr	26 abr	18 jun	15 jul	18 jul	20 ago	25 ago	20 sep
2011	5 abr	26 abr	10 may	5 may	20 may	31 may	23 jun	20 jul	22 jul	26 ago	30 go	29 sep



Anexo 7: GDD y GDDA para las fases fenológicas vegetativas y reproductivas:

- 7.a. GDD necesarios para completar las fases fenológicas vegetativas:

año	<i>Est. Veget.</i>	<i>Satsm</i>	<i>Clemen</i>	<i>Ellend</i>	<i>Washn. Navel</i>	<i>Lane late</i>	<i>Midkn.</i>	<i>Delta Seedl.</i>	<i>Valencia late</i>	<i>Salust.</i>	<i>New hall</i>	<i>Navelin</i>	<i>Murcott</i>
2008	B2	10,7	17,3	21,3	16,6	12,4	18,6	19	16,6	21,3	5	5	16,6
2008	B3	4,3	23,7	36,5	12,4	15	10,3	10,7	8,2	7,7	14	14	31,8
2008	B3-4	23	31,9	39,4	51,3	6,6	23,6	23,7	33	19,4	15	15	48,8
2008	B4	47,4	43,7	20,5	28,6	74	45,9	69,3	39,4	45,9	51,3	51,3	71
2008	B5	68,8	82,6	98,9	73,3	56	64,7	64,5	71	64,7	58	107,1	19,2
2008	B6	54,2	68	36,3	34,4	48,5	63,4	31,7	48,4	74	78,3	65,5	65,5
2009	B2	43,7	33,3	36,5	55,9	60,1	55,9	41,8	41,8	41,8	51,3	55,5	28,3
2009	B3	72,5	14,9	18,9	28,3	26,2	14,5	33,8	12,8	12,8	16,9	14	41,1
2009	B3-4	36,5	78,2	74,2	45,8	57,1	18,3	68,1	65,2	35,3	50,7	29,7	53,8
2009	B4	39,5	27,2	26,5	48,5	28,3	81,7	21,8	31,2	61,1	54,1	68,1	9,9
2009	B5	136,6	125,6	85,8	71,1	88,5	92,4	162,1	79,2	67,4	76,6	40,9	76,6
2009	B6	66,4	100	138	148,5	133,2	145,9	87,3	210,3	151,4	107,7	168,3	159,1
2010	B2	79,2	19,1	18,9	30,8	15,6	30,8	22,7	30,8	28,6			
2010	B3	34,4	82,8	45,8	36,8	36,3	36,8	65,2	36,8	59,3			
2010	B3-4	28,6	31,7	28,4	66	51,6	66	33,8	48,6	45,7			
2010	B4	39,8	71,1	26,5	58,6	31,7	58,6	20,4	76	31,3			
2010	B5	63,6	61,6	77,9	57,3	77,9	57,3	88,7	57,3	39,8			
2010	B6	89,1	88	84,2	64,8	210,2	71,5	90,2	64,8	116,3			



- 7. b. GDD necesarios para completar las fases fenológicas reproductivas:

<i>año</i>	<i>Est. Rep</i>	<i>Satsm</i>	<i>Clemen</i>	<i>Ellend</i>	<i>Washn. navel</i>	<i>Lanelate</i>	<i>Midkn.</i>	<i>Delta seedl.</i>	<i>Valencia late</i>	<i>Salust.</i>	<i>New hall</i>	<i>Navelin</i>	<i>Murcot</i>
2008	F2	35,4	32,5	13,9	19	19	26,3	19	17,4	36,5	19	19	21,6
2008	F3	32,4	17,9	27,1	15	15	27,1	15	55,5	32,4	34,4	34,4	39,9
2008	F4	4,1	22,5	20,5	19,4	28,8	20,5	28,8	1,4	4,1	20,5	20,5	11,4
2008	F5	18,9	14	11,4	31,9	22,5	16	22,5	36	23,4	38,5	11,4	28,6
2008	F6	25,1	44	32,9	32,9	43,7	53,4	43,7	64,5	57,1	30,9	43,7	59,3
2008	F7	75,6	49,1	74,2	74,2	58,2	78,3	78	50,8	58,2	78,3	58,2	54,2
2009	F2	50,3	32,4	20,7	65,3	65,3	20,7	32,4	16,9	30,5	74	69,5	45,3
2009	F3	65,9	57,1	24,6	18,9	44	48,5	47,9	41,1	68,8	21	18,9	63,4
2009	F4	5,5	23,9	23,9	10,8	36,5	44,2	23,2	29,9	19,2	23,9	34,7	9,1
2009	F5	31	7,3	44,2	72,5	27,2	15,4	25,3	33,8	12	51,5	51,5	11
2009	F6	19,9	16,2	40,9	20,1	50,9	37,7	59,3	31	45,8	33,6	45,8	25,5
2009	F7	103,7	160,4	89,8	140	156,2	121,5	99,9	104,6	92,4	161,6	111,4	123,6
2010	F2	93,5	53,4	71,1	32,9	71	30,8	16,9	31,5	71			
2010	F3	25,9	61,1	40,2	34,7	39,3	36,8	16	17,4	31,2			
2010	F4	22,8	14,5	22,8	39,5	14,9	66	17,4	61,5	14,5			
2010	F5	65,9	46,2	27,3	29,2	44,4	58,6	76,9	80,4	19,1			
2010	F6	37,5	31,7	38,6	68,4	32,9	38,6	103,6	12,5	58,8			
2010	F7	37,7	74,9	90,2	133,2	127,4	116	116	133,2	84,2			



- 7. c. GDDA necesarios para completar las fases fenológicas vegetativas:

<i>año</i>	<i>Est. Veget.</i>	<i>Satsm</i>	<i>Clemen</i>	<i>Ellend</i>	<i>Washn. navel</i>	<i>Lane late</i>	<i>Midkn.</i>	<i>Delta seed</i>	<i>Valencia late</i>	<i>Salust.</i>	<i>New hall</i>	<i>Navelina</i>	<i>Murcott</i>
2008	B1	249,4	242,8	235,4	235,4	230,4	231,3	230,4	235,4	235,4	230,4	230,4	235,4
2008	B2	260,1	260,1	256,7	252	242,8	249,9	249,4	252	256,7	235,4	235,4	252
2008	B3	264,4	283,8	293,2	264,4	257,8	260,2	260,1	260,2	264,4	249,4	249,4	283,8
2008	B3-4	287,4	315,7	332,6	315,7	264,4	283,8	283,8	293,2	283,8	264,4	264,4	332,6
2008	B4	334,8	359,4	353,1	344,3	338,4	329,7	353,1	332,6	329,7	315,7	315,7	403,6
2008	B5	403,6	442	452	417,6	394,4	394,4	417,6	403,6	394,4	373,7	422,8	422,8
2008	B6	457,8	510	488,3	452	442,9	457,8	449,3	452	468,4	452	488,3	488,3
2009	B1	315,7	283,8	293,2	264,4	260,2	264,4	283,8	283,8	283,8	264,4	260,2	304,3
2009	B2	359,4	317,1	329,7	320,3	320,3	320,3	325,6	325,6	325,6	315,7	315,7	332,6
2009	B3	431,9	332	348,6	348,6	346,5	334,8	359,4	338,4	338,4	332,6	329,7	373,7
2009	B3-4	468,4	410,2	422,8	394,4	403,6	353,1	427,5	403,6	373,7	383,3	359,4	427,5
2009	B4	507,9	437,4	449,3	442,9	431,9	434,8	449,3	434,8	434,8	437,4	427,5	437,4
2009	B5	644,5	563	535,1	514	520,4	527,2	611,4	514	502,2	514	468,4	514
2009	B6	710,9	663	673,1	662,5	653,6	673,1	698,7	724,3	653,6	621,7	636,7	673,1
2010	B1	338,4	315,7	329,7	315,7	314,1	315,7	315,7	315,7	315,7			
2010	B2	417,6	334,8	348,6	346,5	329,7	346,5	338,4	346,5	344,3			
2010	B3	452	417,6	394,4	383,3	366	383,3	403,6	383,3	403,6			
2010	B3-4	480,6	449,3	422,8	449,3	417,6	449,3	437,4	431,9	449,3			
2010	B4	520,4	520,4	449,3	507,9	449,3	507,9	457,8	507,9	480,6			
2010	B5	584	582	527,2	565,2	527,2	565,2	546,5	565,2	520,4			
2010	B6	673,1	670	611,4	630	737,4	636,7	636,7	630	636,7			



- 7.d. GDDA necesarios para completar las fases fenológicas reproductivas:

año	Est. Rep	Satsm	Clemen	Ellend	Washn. navel	Lane late	Midkn.	Delta seed.	Valencia late	Salust.	New hall	Navelina	Murcott
2008	F1	257,8	242,8	242,8	230,4	230,4	230,4	230,4	242,8	256,7	230,4	230,4	242,8
2008	F2	293,2	275,3	256,7	249,4	249,4	256,7	249,4	260,2	293,2	249,4	249,4	264,4
2008	F3	325,6	293,2	283,8	264,4	264,4	283,8	264,4	315,7	325,6	283,8	283,8	304,3
2008	F4	329,7	315,7	304,3	283,8	293,2	304,3	293,2	317,1	329,7	304,3	304,3	315,7
2008	F5	348,6	329,7	315,7	315,7	315,7	320,3	315,7	353,1	353,1	342,8	315,7	344,3
2008	F6	373,7	373,7	348,6	348,6	359,4	373,7	359,4	417,6	410,2	373,7	359,4	403,6
2008	F7	449,3	422,8	422,8	422,8	417,6	452	437,4	468,4	468,4	452	417,6	457,8
2009	F1	315,7	314,1	314,1	264,4	264,4	314,1	314,1	315,7	304,3	264,4	260,2	314,1
2009	F2	366	346,5	334,8	329,7	329,7	334,8	346,5	332,6	334,8	338,4	329,7	359,4
2009	F3	431,9	403,6	359,4	348,6	373,7	383,3	394,4	373,7	403,6	359,4	348,6	422,8
2009	F4	437,4	427,5	383,3	359,4	410,2	427,5	417,6	403,6	422,8	383,3	383,3	431,9
2009	F5	468,4	434,8	427,5	431,9	437,4	442,9	442,9	437,4	434,8	434,8	434,8	442,9
2009	F6	488,3	451	468,4	452	488,3	480,6	502,2	468,4	480,6	468,4	480,6	468,4
2009	F7	592	611,4	558,2	592	644,5	602,1	602,1	573	573	630	592	592
2010	F1	338,4	320,3	346,5	315,7	332,6	315,7	315,7	317,1	332,6			
2010	F2	431,9	373,7	417,6	348,6	403,6	346,5	332,6	348,6	403,6			
2010	F3	457,8	434,8	457,8	383,3	442,9	383,3	348,6	366	434,8			
2010	F4	480,6	449,3	480,6	422,8	457,8	449,3	366	427,5	449,3			
2010	F5	546,5	495,5	507,9	452	502,2	507,9	442,9	507,9	468,4			
2010	F6	584	527,2	546,5	520,4	535,1	546,5	546,5	520,4	527,2			
2010	F7	621,7	602,1	636,7	653,6	662,5	662,5	662,5	653,6	611,4			

Anexo 8: GDDA para inicio de cosecha:

Año	Satsuma	Clemen.	New hall	Navelina	Wash. navel	Lane late	Salust.	Ellend.	Murcot	Midkn.	Delta seedless	Valencia late
2009	2174	2425	2530	2527	2535	2728	2534	2728	2728	2856	2860	2932
2010	2377	2531	2555,5	2535	2563,5	2730	2563	2802	2821	2860	2864	2948
2011	2425	2563	2614	2605	2680	2732	2722	2827	2827	2875	2887	3010



Anexo 9: Intensidad de floración y caracterización de la brotación:

9.a. Intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y tipos de brotes (en porcentaje) de variedades de cítricos, correspondiente al año 2008, en la región central de Santa Fe.

Variedad	IF	FS	FC	RM	RF	BV	SB	BD	BT
<i>Lanelate</i>	377 h	10 b	1 a	29 cd	34 e	3 ab	31 cd	8 a	0 a
<i>Wash. navel</i>	368 g	9 ab	3 a	33 cd	32 de	3 ab	26 bc	5 a	0 a
<i>Midknigth</i>	285 f	8 ab	10 a	39 d	19 bcd	3 ab	26 bc	4 a	0 a
<i>Delta seedless</i>	254 e	3 ab	11 ab	38 cd	15 cd	2 a	34 d	3 a	0 a
<i>Ellendale</i>	225 d	38 c	32 cd	21 bc	16 dbc	9 abc	11 a	30 b	1 a
<i>Valencia late</i>	89 c	0 a	8 a	15 ab	5 ab	16 bcd	55 e	0 a	0 a
<i>Clemenules</i>	55 b	10 b	37 d	3 a	0 a	35 e	16 ab	0 a	0 a
<i>Salustiana</i>	47 a	4 ab	10 a	7 a	0 a	22 cd	58 e	0 a	0 a
<i>Satsuma</i>	45 a	2 ab	25 bc	6 a	0 a	23 d	44 de	0 a	0 a

Referencias: IF, intensidad de floración; FS, flor solitaria; FC, flor campanera; BV, brote vegetativo; RM, ramo mixto; RF, ramillete floral; SB, sin brotar; BD, brote doble; BT, brote triple. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) entre variedades.

9.b. Intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y tipos de brotes (en porcentaje) de variedades de cítricos, correspondiente al año 2009, en la región central de Santa Fe.

Variedad	IF	FS	FC	RM	RF	BV	SB	BD	BT
<i>Wash. navel</i>	286 e	37 bc	5 abc	36 c	21 cd	1 ab	25 a	22 cd	2 a
<i>Lanelate</i>	371 h	31 ab	6 abc	47 cd	13 abcd	6 abc	23 a	19 bc	4 a
<i>Salustiana</i>	97 b	11 a	2 ab	17 ab	2 ab	16 d	54 b	1 a	0 a
<i>Midknigth</i>	226 d	13 a	16 cd	39 cd	7 abc	6 abc	32 a	13 abc	0 a
<i>Delta seedless</i>	349 g	9 a	0 a	56 d	22 d	0 a	16 a	3,1 ab	0 a
<i>Valencia late</i>	316 f	2 a	4 abc	46 cd	13 abcd	6 abc	30 a	0 a	0 a
<i>Satsuma</i>	77 a	56 d	17 d	2 a	1 a	9 bcd	26 a	7 ab	2 a
<i>Clemenules</i>	94 b	21 ab	62 e	2 a	1 a	12 cd	21 a	17 abc	1 a
<i>Ellendale</i>	207 c	44 cd	11 bcd	26 bc	14 bcd	2 abc	15 a	27 d	1 a

Referencias: IF, intensidad de floración; FS, flor solitaria; FC, flor campanera; BV, brote vegetativo; RM, ramo mixto; RF, ramillete floral; SB, sin brotar; BD, brote doble; BT, brote triple. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) entre variedades.



9.c. Intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y tipos de brotes (en porcentaje) de variedades de cítricos, correspondiente al año 2010, en la región central de Santa Fe.

Variedad	IF	FS	FC	RM	RF	BV	SB	BD	BT
<i>Wash. navel</i>	144 c	7 a	5 a	25 ab	11 abc	17 b	46 d	10 abc	0 a
<i>Lanelate</i>	124 b	8 ab	9 a	17 ab	16 c	11 a	43 c	3 a	0 a
<i>Salustiana</i>	238 f	8 ab	9 a	25 bc	14 bc	15 a	36 abc	4 a	1 a
<i>Midknigth</i>	158 d	6 a	9 a	32 cd	12 abc	7 a	40 bc	5 ab	0 a
<i>Delta seedless</i>	237 f	10 ab	4 a	46 d	10 abc	11 a	32 abc	12 bc	0 a
<i>Valencia late</i>	255 g	14 abc	8 a	41 d	6 ab	31 b	25 ab	25 c	0 a
<i>Satsuma</i>	101 a	4 c	0 a	3 a	1 ab	3 a	24 a	18 bc	3 a
<i>Clemenules</i>	191 e	23 bc	43 b	36 cd	0 a	12 a	29 abc	31 d	9 b

Referencias: IF, intensidad de floración; FS, flor solitaria; FC, flor campanera; BV, brote vegetativo; RM, ramo mixto; RF, ramillete floral; SB, sin brotar; BD, brote doble; BT, brote triple. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) entre variedades.

Anexo 10: Modelo de ajuste de curvas de crecimiento en diámetro de los frutos.

Los ajustes de las curvas en crecimiento en diámetro se realizaron mediante el programa estadístico “R” con los plug in “drc” y “qpcr” (Kniss *et al.*, 2011; Knezevic *et al.*, 2007; Ritz & Streibig, 2005)

Se probaron 7 modelos de los cuales según el valor de AICc el modelo que mejor ajuste presenta es el gompertz.

Modelo	Valor AICc
Weibull (type 2) with lower limit at 0 (3 parameters)	1321.182
Asymptotic regression with lower limit at 0 (2 parameters)	1315.562
Shifted asymptotic regression (3 parameters)	1301.735
Log-logistic (5 parameters)	1330.587
Log-logistic (4 parameters)	1307.899
Gompertz growth model (3 parameters)	1294.58
AICc.fruto.w1.4.	1314.999



Gompertz growth model: $f(x) = a \exp(bx - a/b(\exp(bx) - 1))$

Model fitted: Gompertz Growth Model (3 parms)

Parámetros estimados para cada variedad:

	Estimate	Std. Error	t-value	p-value
c:WN	0.0174591	0.0022611	7.7214389	0.0000
c:LL	0.0180363	0.0026303	6.8571573	0.0000
c:S1	0.0268550	0.0045118	5.9522350	0.0000
c:DS	0.0173738	0.0030487	5.6986648	0.0000
c:VL	0.0238027	0.0036520	6.5176769	0.0000
c:MK	0.0239393	0.0033242	7.2016093	0.0000
c:E1	0.0213109	0.0034070	6.2550063	0.0000
c:C1	0.0162077	0.0035298	4.5916894	0.0000
c:St	0.0239330	0.0068793	3.4789859	0.0006
m:WN	0.0519681	0.0113622	4.5737665	0.0000
m:LL	0.0358810	0.0074418	4.8215213	0.0000
m:S1	0.0642334	0.0187707	3.4219988	0.0008
m:DS	0.0267398	0.0057344	4.6630101	0.0000
m:VL	0.0559679	0.0151267	3.6999476	0.0003
m:MK	0.0604621	0.0151390	3.9938110	0.0001
m:E1	0.0598367	0.0197327	3.0323642	0.0028
m:C1	0.0454908	0.0139750	3.2551553	0.0014
m:St	0.0391737	0.0139505	2.8080483	0.0056
plateau:WN	92.6670168	6.5358414	14.1782842	0.0000
plateau:LL	82.0993728	4.8399773	16.9627599	0.0000
plateau:S1	73.4649972	3.7197467	19.7500002	0.0000
plateau:DS	74.7492427	5.5958727	13.3579240	0.0000
plateau:VL	70.3082483	2.9276988	24.0148504	0.0000
plateau:MK	71.4753760	2.8648177	24.9493623	0.0000
plateau:E1	75.0278688	3.5533480	21.1146975	0.0000
plateau:C1	69.1950384	10.0863068	6.8602948	0.0000
plateau:St	69.1863309	7.6251982	9.0733813	0.0000

Referencias: WN: *Washington navel*, LL: *Lanelate*, S1: *Salustiana*, DS: *Delta seedless*, VL: *Valencia late*, MK: *Midknight*, E1: *Ellendale*, C1: *Clemenules*, St: *Satsuma*.

Residual standard error:

6.305541 (166 degrees of freedom)

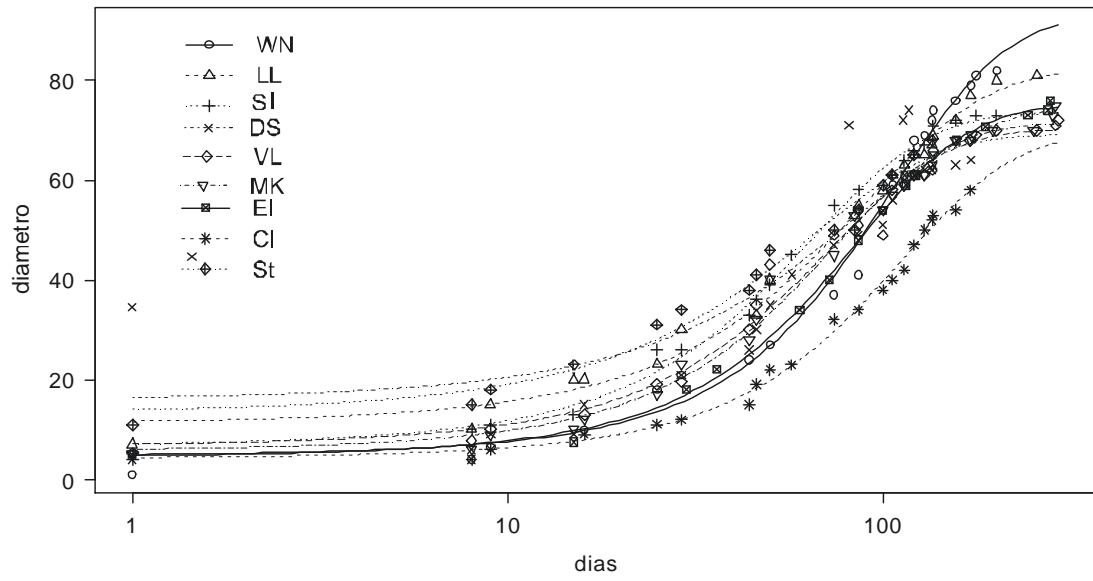


Figura: curvas de ajustes de crecimiento en diámetro de frutos para las siguientes variedades: WN: *Washington navel*, LL: *Lanelate*, SI: *Salustiana*, DS: *Delta seedless*, VL: *Valencia late*, MK: *Midknight*, EI: *Ellendale*, Cl: *Clemenules*, St: *Satsuma*.