

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

INFLUENCIA DEL TIPO DE BROTE EN EL CUAJADO Y
CRECIMIENTO DEL FRUTO DEL TANGOR
ORTANIQUE
(*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* BL.)

Por:
Mariela DA CUNHA BARROS GONZÁLEZ

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniera Agrónoma.
(Orientación Vegetal Intensivo)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2004

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. M.Sc. Alfredo Gravina Telechea

Ing. Agr. Héctor Arbiza Paiva

Ing. Agr. Dra. Mercedes Arias Sibillotte

Fecha: 6 de Julio de 2004

Autora: _____
Mariela da Cunha Barros González

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Alfredo Gravina por su constante respaldo en la elaboración de este trabajo.

A todo el grupo de Ecofisiología de Citrus y en especial a mis compañeras de trabajo, Mariana Espino y Alejandra Borges por sus valiosos aportes y sugerencias para la realización de esta Tesis.

A los Ings. Agrs. Héctor Arbiza y Mercedes Arias por sus aportes en la corrección del trabajo.

Especialmente a mis padres, hermanas y amigos, por haberme apoyado durante todos estos años de carrera. A Mauricio, por acompañarme y apoyarme en este último tiempo.

LISTA DE CUADROS, FOTOS Y FIGURAS

CUADROS

Cuadro N° 1. Porcentaje de cuajado de mixtos e inflorescencias con diferente n° de flores/brote, en base a n° total de flores por brote y n° total de brotes que en la antesis presentaban flores.	48
Cuadro N° 2. Porcentaje de cuajado de mixtos terminales con diferente n° de hojas/brote, en base a n° total de flores por brote y n° total de brotes que en la antesis presentaban flores.....	52
Cuadro N° 3. Porcentaje de cuajado de los diferentes tipos de brotes en intensidades de floración bajas y medias.....	54
Cuadro N° 4. Estimación del aporte a cosecha de cada tipo de brote según frecuencia de cada brote en floración y porcentaje de cuajado para las dos intensidades de floración.....	56
Cuadro N° 5. Porcentaje de brotes que cuajan algún fruto.....	57
Cuadro N° 6. Relación entre el número de frutos por brote que llegó cosecha con el tamaño final alcanzado.....	62
Cuadro N° 7. Calibre final de frutos ubicados en diferentes tipos de brote pertenecientes a árboles con intensidades de floración baja y media.....	65

FOTOS

Foto N° 1. Frutos del tangor Ortanique (<i>Citrus sinensis</i> L. Osb. x <i>Citrus reticulata</i> Bl.).....	37
Foto N° 2. Diferentes tipos de brotes florales en el Tangor Ortanique:.....	38

FIGURAS

Figura N° 1. Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas. Valores expresados como porcentaje del total de flores inicialmente formadas.....	40
Figura N° 2. Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas en brotes terminales (T), mixtos (M), inflorescencias (I), solitarios (S).....	42
Figura N° 3. Curvas de abscisión de los diferentes tipos de brotes.....	43
Figura N° 4. Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas en diferentes intensidades de floración.....	44
Figura N° 5. Cuajado final alcanzado en brotes terminales, mixtos, inflorescencias y solitarios... ..	45
Figura N° 6. Evolución del porcentaje de cuajado de frutos en brotes MIXTOS según diferente número de flores/brote.....	47
Figura N° 7. Evolución del porcentaje de retención de frutitos en INFLORESCENCIAS según diferentes número de flores/brote.....	48

Figura N° 8. Influencia del número de hoja/brote en el porcentaje de cuajado en brotes MIXTOS en diferentes fechas post-floración.....	49
Figura N° 9. Influencia del número de hojas en el porcentaje de cuajado en brotes TERMINALES en diferentes fechas post-floración.....	50
Figura N° 10. Evolución del porcentaje de frutos cuajados según relación fuente/fosa de brotes MIXTOS.....	51
Figura N° 11. Esquema de la evolución del calibre de los frutos que continuaron con su crecimiento y de los frutos que en la siguiente fecha post-floración ya no permanecían en la planta	53
Figura N° 12. Estimación del aporte a cosecha de cada tipo de brote según número de frutos por brote, frecuencia de cada brote reproductivo en floración y porcentaje de cuajado.....	56
Figura N° 13. Curva de crecimiento de frutos presentes en los diferentes tipos de brotes en el tangor Ortanique.....	59
Figura N° 14. Calibre final alcanzado por los frutos en cada tipo de brote del tangor Ortanique.	59
Figura N° 15. Evolución del calibre en brotes con y sin hojas.....	60
Figura N° 16. Tasa de crecimiento diario del calibre de los frutitos en los diferentes tipos de brotes.....	61
Figura N° 17. Calibre final del fruto en brotes con hojas (Terminales y Mixtos) según número de hojas.....	63
Figura N° 18. Relación entre el calibre final alcanzado y la intensidad de floración.....	64
Figura N° 19. Relación entre el calibre final del fruto y el calibre de pedúnculo.....	65

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS, FOTOS Y FIGURAS.....	III
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 BROTACIÓN Y FLORACIÓN EN LOS CÍTRICOS.....	3
2.2 CUAJADO.....	6
2.2.1 <i>Factores endógenos determinantes del cuajado</i>	10
2.2.1.1 Tipo de brote.....	10
2.2.1.2 Disponibilidad de carbohidratos.....	16
2.2.1.3 Regulación hormonal.....	20
2.2.2 <i>Factores exógenos determinantes del cuajado</i>	23
2.2.2.1 Temperatura.....	23
2.2.2.2 Agua.....	24
2.2.2.3 Nutrición.....	25
2.3 CRECIMIENTO Y TAMAÑO FINAL DEL FRUTO.....	26
2.3.1 <i>Etapas del crecimiento del fruto</i>	27
2.3.2 <i>Factores endógenos que inciden en el tamaño final del fruto</i>	29
2.3.2.1 Factores genéticos.....	29
2.3.2.2 Tipo de brote.....	29
2.3.2.3 Competencia entre órganos en desarrollo.....	30
2.3.3 <i>Factores exógenos que inciden en el tamaño final del fruto</i>	32
2.3.3.1 Ambientales.....	32
2.3.3.2 Edáficos y nutricionales.....	33
2.4 EL TANGOR ORTANIQUE (CITRUS SINENSIS L. OSB. X CITRUS RETICULATA BL.)	35
2.4.1 <i>Generalidades</i>	35
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 DINÁMICA DE ABSCISIÓN.....	40
4.1.1 <i>General</i>	40

4.1.2	<i>Abscisión por tipo de brote</i>	41
4.1.2.1	<i>Curvas de abscisión</i>	42
4.1.3	<i>Abscisión según intensidad de floración</i>	43
4.2	CUAJADO	44
4.2.1	<i>Cuajado Promedio</i>	44
4.2.2	<i>Cuajado por tipo de brote</i>	44
4.2.3	<i>Relación número de flores por brote - cuajado</i>	46
4.2.4	<i>Relación número de hojas por brote - cuajado</i>	49
4.2.5	<i>Relación tamaño del fruto - cuajado</i>	52
4.2.6	<i>Relación floración - cuajado final</i>	54
4.2.7	<i>Aporte de los tipos de brotes a la cosecha</i>	55
4.2.7.1	<i>Según distribución de los tipos de brotes en floración</i>	55
4.2.7.2	<i>Según n° de flores y/o n° de hojas por brote</i>	57
4.3	CRECIMIENTO Y TAMAÑO FINAL DEL FRUTO	58
4.3.1	<i>General</i>	58
4.3.2	<i>Según tipo de brote</i>	58
4.3.2.1	<i>Tasa de crecimiento diario</i>	61
4.3.2.2	<i>Calibre según número de frutos por brote</i>	61
4.3.2.3	<i>Calibre según número de hojas por brote</i>	62
4.3.3	<i>Relación floración - tamaño final del fruto</i>	63
4.3.3.1	<i>General</i>	63
4.3.3.2	<i>Por tipo de brote</i>	64
4.3.4	<i>Relación entre calibre del pedúnculo - tamaño final de fruto</i>	65
5	CONCLUSIONES	67
6	RESUMEN	69
7	SUMMARY	70
8	BIBLIOGRAFÍA	71
9	ANEXOS	81

1 INTRODUCCIÓN

En el crecimiento y desarrollo de los cítricos están implicados complejos procesos, los cuales están controlados por varios factores internos (características genéticas del cultivar y del portainjerto utilizado, equilibrio hormonal, contenido nutricional, etc.), y externos (clima, suelo, prácticas culturales, etc.). Estos procesos influyen en el crecimiento vegetativo, la iniciación, diferenciación y antesis de las flores, el cuajado, crecimiento, tamaño final, maduración y senescencia de los frutos, la firmeza y coloración de la cáscara, etc., los cuales contribuyen a la productividad del cultivar y calidad del fruto.

El cítrico es un árbol perenne que vive mucho tiempo (mas de 50 años en muchos casos) y produce una cosecha de alto valor, donde se usan cada vez más sistemas de manejo intensivos y equipos costosos. A los cítricos se le aplican diversas técnicas de manejo alrededor del mundo, con la meta principal de obtener el máximo rendimiento y sin desmerecer la calidad del fruto. Estas pueden usarse para promover o reducir el crecimiento vegetativo para manipular la floración, modificar el cuajado y crecimiento de los frutos, regular la carga del árbol, manipular el momento de cosecha, mejorar la calidad interiora del fruto (por medio de cambios en la acidez y sólidos solubles del jugo) y la externa (color y firmeza), y mantener y/o mejorar la calidad del fruto en el árbol y en la postcosecha (El-Otmani, 2000).

El conocimiento del comportamiento fenológico reproductivo es considerada la base para una adecuada implementación de prácticas de manejo a nivel comercial (Arias, *et al.*, 1996a).

La producción de cítricos en el país, a partir del inicio de la década del 70, ha sido orientada a la exportación de frutas frescas, especialmente al Hemisferio Norte. En ese período, la producción principal fue de naranjas (Valencia y el grupo Navel), mandarinas común, Satsuma y Ellendale. Luego fueron incorporadas nuevas variedades de mandarinas e híbridos de diferentes épocas de producción. Por lo que actualmente hay un equilibrio entre área

plantada y producción de naranjas y mandarinas, cada una con un total del 43% de la producción de cítricos(Gravina 2002).

Estos cambios en la producción, supusieron la implementación de nuevas prácticas de manejo de manera de aumentar en forma conjunta los rendimientos y la calidad de la fruta. Entre ellas debe destacarse el incremento en la densidad de plantación, la adopción del riego localizado, la poda y el análisis foliar como herramienta básica para los programas de fertilización; así mismo, se realizaron importantes avances en el manejo postcosecha de fruta. Actualmente la oferta de fruta fresca se extiende por un período mayor a los 7 meses, comenzando en la segunda quincena de febrero y terminando a fines de octubre, siendo el pico productivo entre los meses de junio-agosto, debido a la composición varietal existente en nuestro país (Gravina, 1999).

Esa evolución de la producción para exportación de mandarinas e híbridos indica que las Satsumas (principalmente Owari y Oktisu) sean las variedades mas importantes. Luego en orden de importancia le sigue el tangor Ellendale, las Clementinas, Nova y Ortanique (Gravina 2002).

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una caracterización diferencial del cuajado y del tamaño final de los frutos según los diferentes tipos de brotes en el tangor Ortanique (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.). Determinando la incidencia diferentes parámetros como ser número de flores iniciales y/o el número de hojas de los brotes, como también la intensidad de floración en el cuajado y tamaño del fruto.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 BROTACIÓN Y FLORACIÓN EN LOS CÍTRICOS

Desde el punto de vista de la fisiología de los cítricos, y dejando de lado los factores agronómicos y climáticos, la producción final está determinada por tres parámetros: la floración, el cuajado de las flores y el crecimiento de los frutos (García-Luis, 1988; Delhom y Primo-Millo, 1993).

Agustí *et al.* (1988), informan que la floración en los agrios constituye un factor esencial en la producción, por lo que se la puede identificar como una de las etapas críticas en dicho proceso. Sin embargo, la mayoría de las variedades cultivadas florecen en cantidad suficiente para obtener cosechas óptimas, otras lo hacen tan abundantemente que la competencia entre órganos en desarrollo y otros factores dificultan el cuajado y solo un porcentaje muy bajo de flores se convierten en fruto (Agustí *et al.*, 1982).

Por lo que el cuajado y el crecimiento del fruto parecen ser los parámetros más importantes, debido a que generalmente la floración se da en forma abundante (Guardiola *et al.*, 1984; García-Luis, 1988; Delhom y Primo-Millo, 1993; Talón, 1997; Gravina, 1999) y solamente un pequeño porcentaje del total de las flores formadas se transforman en frutos y alcanzan la madurez, variando este porcentaje entre 0.1 y 10% (Gravina, 1999).

En las condiciones climáticas de Uruguay, al igual que en otras zonas subtropicales, las especies pertenecientes al género *Citrus*, presentan de una a tres brotaciones en su ciclo anual. La más importante, en la cual se establece la producción, es la de primavera; adicionalmente, se presentan flujos de brotación en verano y/o otoño, que normalmente son vegetativos. La duración de estas brotaciones, desde la apertura de la yema hasta el final de la extensión del brote, oscila entre 3 y 4 semanas, variando de acuerdo a las condiciones climáticas y el manejo de la plantación (Gravina, 1999).

Lord and Eckard (1985), informan que el inicio de la brotación, en Washington Navel en el hemisferio norte, se da a mediados de Febrero,

produciéndose dos meses mas tarde la antesis. En nuestro país se da a fines del mes de agosto, con dos semanas de adelanto en la zona Norte, con respecto a la zona Sur (H.S.) (Gravina, 1999).

El número de brotaciones y su importancia están determinadas por las características del cultivar, la carga de fruta y el clima (Guardiola, 1997). Su intensidad y características están relacionadas con factores endógenos y exógenos (cuantía de la cosecha anterior, época de recolección de frutos, etc) (Agustí y Almela, 1991).

La floración es una etapa regulada por múltiples factores tanto endógenos como exógenos que se combinan para dar lugar al primer paso del proceso de fructificación. La formación de las flores es un proceso de muchas fases de desarrollo que empieza con iniciación floral, que es el cambio básico por el cual el ápice meristemático se convierte en floral en lugar de vegetativo (Guardiola, 1981).

Según resultados de trabajos realizados en el Norte del país cuyo objetivo fue definir el período en que ocurre la inducción floral, se encontró que en la mandarina Satsuma se produce en la última quincena de junio (Zorrilla de San Martín y Irigoyen, 1992; Giacometti *et al.*, 1998).

La intensidad de floración refleja el nivel de inducción efectivo en las yemas en condiciones no limitantes de brotación. Se desconocen todos los factores de control de la floración en los cítricos, y menos se sabe aún de los mecanismos hormonales que hacen efectivo el control. Se ha comprobado que factores como: presencia de fruta en la rama, el tiempo de permanencia en la misma, la edad de la madera, el portainjerto usado, el estado nutricional de la planta, son decisivos en la determinación del nivel de floración (Arias *et al.*, 2000).

Las flores en las fases tempranas de diferenciación son sensibles a sustancias hormonales y a factores ambientales según los cuales las yemas, bajo condiciones desfavorables para su desarrollo son inhibidas o revierten su crecimiento a vegetativo. La yema comienza irreversiblemente su desarrollo floral muy tarde, una vez que los sépalos comienzan a diferenciarse, no se

puede revertir el proceso de formación de la flor, inclusive con la aplicación de giberelinas (Guardiola, 1981; Lord and Eckard, 1987).

Los máximos de brotación se detectan sobre madera de otoño y los mínimos sobre la madera de primavera. La mayor parte de la brotación de primavera, la cual es la más importante al ser en la que desarrollan las estructuras reproductivas, se origina sobre ramas desarrolladas en el otoño anterior (Guardiola, 1981). Cada nudo cuando brota, puede desarrollar uno o más brotes, en correspondencia con su propia estructura en la que son visibles varias yemas (Agustí y Almela, 1991).

En esta brotación de primavera se desarrollan según Moss (1969), 5 tipos básicos de crecimiento reproductivo:

- 1- Terminales: con varias hojas y una flor en posición terminal
- 2- Mixtos con más de una flor y pocas hojas, menos de la mitad del número de flores.
- 3- Mixtos con más de una flor y un número de hojas mayor a la mitad del número de flores.
- 4- Solitarios: brotes sin hojas y una sola flor.
- 5- Inflorescencias: sin hojas y varias flores.

La frecuencia de aparición de cada uno de los tipos de brotes varía con la intensidad de brotación. Un incremento en los niveles de floración resulta en un incremento del nivel de brotación, por un incremento de inflorescencias (Becerra and Guardiola, 1984).

Solamente para niveles bajos de floración existe una relación entre floración y número de brotes vegetativos. Las inflorescencias sin hojas aumentan a medida que el número de flores se ve incrementado, sin embargo, los brotes mixtos son poco afectados por el número de flores y solo en los rangos de intensidad de floración muy bajos existe una reducción en su número (Guardiola, 1981).

Gravina (1999), informa que para las naranjas “Salustiana” y “Valencia” como para el tangor “Ellendale” a medida que aumentan las densidades de

floración se da un notable incremento del porcentaje de inflorescencias sin hojas.

2.2CUAJADO

Se entiende por cuajado de frutos, en un sentido estricto, al reinicio del crecimiento del ovario, posteriormente a la antesis; en sentido amplio, el cuajado comprende al período de crecimiento durante el cual el fruto, puede sufrir abscisión. Este proceso es en general consecuencia de la polinización y fecundación de los óvulos; sin embargo, muchos cultivares de Citrus, son partenocarpicos, lo que permite el desarrollo de frutos sin semillas (Gravina, 1999).

Otros autores definen al cuajado como la transición decisiva del ovario a fruto, que se inicia poco después de la floración y termina durante la caída de junio (H.N.) (Agustí y Almela, 1991; Talón, 1997; Agustí *et al.*, 2003).

Otros autores también definen el cuajado como el proceso que marca la transición de la flor al fruto en desarrollo. Este paso supone la iniciación de un crecimiento rápido de los tejidos del ovario; si dicho crecimiento no se inicia, o una vez iniciado cesa, el ovario se desprende y por tanto no cuaja. El desarrollo posterior del ovario es consecuencia de la división celular del pericarpio (Agustí, 2000a)

De acuerdo con Delhom y Primo Millo (1993), un fruto puede considerarse cuajado cuando se ha desarrollado hasta el punto de que puede esperarse que quede en el árbol hasta que madure, a menos que caiga por algún tipo de daño.

Según Agustí (2000a), para que el cuajado se produzca, son necesarios tres prerequisites para que se inicie el período activo de división celular o fase I de crecimiento:

- 1) La existencia de yemas florales maduras bien formadas y nutridas.

2) Un régimen de temperaturas durante la antesis e inmediatamente después que asegure la buena polinización, el desarrollo del tubo polínico y la fecundación o que sea compatible con la partenocarpia.

3) Un aporte adecuado de fotosintatos cuando el ovario inicie el desarrollo. Aquellos frutos en los que algunos de estos factores no sea satisfecho, presentan un cuajado deficiente, lo que significa que a los pocos días de la antesis, caerán.

Agustí *et al.*, (1982) informan que el porcentaje de frutos cuajados raramente supera el 5% de las flores inicialmente formadas y que valores de 0.5% y aún inferiores son normales en algunos casos. Guardiola (1992), reporta que en la mayoría de las situaciones el porcentaje de flores que cuajan varía entre 0.1 a 3%.

Según otros autores, el cuajado va de 10% del número de flores inicialmente formadas en árboles con floración escasa a menos de 0.1% cuando tiene una floración muy alta y es el factor que determina rendimiento (Goldschmidt and Monselise 1977, Gravina, 1999).

Delhom y Primo-Millo (1993), reportan que el cuajado para la variedad "Navelate" oscila entre un 0.5 - 1.0% con una intensidad de floración alta, hasta un 40 - 45% en los casos más favorables de la Satsuma. Incluso en algún caso extremo del híbrido "Fortune", con una floración muy elevada, se llega a un porcentaje de cuajado de prácticamente cero.

Guardiola *et al.* (1987), informan que existen 2 situaciones límites en las que la fructificación guarda relación con la floración: cuando la escasez de flores limita la cosecha final o bien cuando el exceso de flores provoca una competencia excesiva por los nutrientes disponibles que conduce a un fallo masivo del cuajado de frutos (Delhom y Primo Millo, 1993; Agustí, 2003).

Un ejemplo del primer caso lo constituyen las variedades veceras en las que después de una cosecha copiosa hay una formación de flores insuficiente que se traduce en una producción baja. La relación entre el número de flores formadas al año siguiente es muy estrecha, siendo afectada por el estado nutricional de la planta (Guardiola *et al.*, 1987).

El segundo se el caso donde el número de flores formadas es muy elevado y la competencia entre ellas puede provocar una disminución en el cuajado y una pérdida de cosecha (Agustí, 1986). En estos casos una reducción en la floración resulta en un aumento del número de frutos cuajados (Guardiola *et al.*, 1984).

En el momento de la antesis los ovarios de flores procedentes de plantas que en condiciones idénticas difieren marcadamente en su nivel de floración, se pone en evidencia una relación inversa entre el peso de individual de los ovarios de las flores y la densidad de floración (Guardiola *et al.*, 1984; Agustí, 1985). Por lo que cuanto menor es la densidad de floración mayor es el tamaño de las flores en el momento de la antesis (Guardiola *et al.*, 1984), aumentando su contenido en azúcares y de algunos elementos minerales (Agustí *et al.*, 1982).

La abscisión masiva de flores y frutitos comienza desde que las flores abren o aun antes y dura varias semanas, donde continuamente se reduce el número de frutitos en vías de desarrollo (Agustí *et al.*, 1982). Esta abscisión se ha interpretado como un mecanismo regulador que ajusta el número de frutos a la capacidad de suministro de metabolitos por el árbol (Guardiola, 1988; Goldschmidt and Monselise, 1977).

Existe una correlación entre la abscisión y los niveles de carbohidratos en las hojas y en frutitos al final del periodo de abscisión en árboles en los que la competición fue alterada modificando el número de frutitos (García-Luis *et al.*, 1988) o de hojas (Mehouachi *et al.*, 1995).

Sin embargo, poco se sabe con respecto a la nutrición de carbohidratos de los frutitos y su relación con la abscisión, o del mecanismo que activa la abscisión. Ruiz and Guardiola, 1994, encontraron que las fases tempranas del proceso de abscisión de los frutitos, fue precedido por una reducción en transporte de carbohidratos a los frutitos.

Mehouachi *et al.* (1995), en uno de sus trabajos donde se realizaron defoliaciones totales o parciales encontró que no modificaron el modelo de abscisión de la primer ola de caída. Por lo que estos autores sugieren que los

azúcares presentes en los frutitos en etapas tempranas fueron probablemente proporcionados por las reservas, las que aumentan previo a la floración. Por lo que Ruiz *et al.* (2001) señalan que esta primer caída de estructuras es debida a una reducción en el transporte de carbohidratos, la cual está explicada por su baja capacidad de movilización en lugar de una limitación en el suministro.

El árbol se adapta al exceso de flores producidas, con la caída de órganos florales en diferentes estados de desarrollo. Numerosos autores señalan que hay diferentes tipos de abscisión:

- Primera caída: incluye desde botones florales, flores durante la antesis (flor abierta) hasta ovarios después de la caída de pétalos. Esta primer caída se produce en la zona de la base del pedúnculo (Delhom y Primo-Millo, 1993; Talón, 1997; Gravina, 1999).
- Segunda caída: se produce unas semanas después y se conoce como caída fisiológica, donde el desprendimiento se produce por la zona del cáliz (Delhom y Primo-Millo, 1993; Talón, 1997; Gravina, 1999). Según lo reportado por Gravina (1999) el fin de caída de esta segunda onda coincide aproximadamente con el término de la fase I de crecimiento de los frutos, donde se produce el fin de la caída fisiológica que se caracteriza por la abscisión de frutos pequeños (entre 10 y 20 mm de diámetro), que en nuestro país ocurre en el mes de diciembre.
- La tercera caída: es de frutos maduros también por la zona del cáliz, cuya importancia está íntimamente relacionada con la variedad.

Los factores que limitan el cuajado (carencias hormonales en GAs, baja disponibilidad de compuestos fotoasimilados y condiciones de estrés hídrico severo) provocan los mismos efectos sobre los frutos: detienen el desarrollo e inducen la abscisión de los mismos. Estos efectos parecen estar mediatizados además por idénticas señales hormonales que se desencadenan en respuesta a estas variadas condiciones adversas a través de una misma vía de transmisión de la señal: Incremento del ácido abscísico (ABA), seguido de incremento de ACC, transformación de ACC a Etileno, inducción de enzimas hidrolíticos y abscisión física (Talón, 1997).

En un trabajo realizado en naranja "Shamouti" , en el que se estudió la caída de frutos, se vio que si bien al inicio todos los frutos presentan tasas de crecimiento similares, pero los frutos que finalmente caen presentaron una progresiva reducción de su crecimiento una o dos semanas antes de su abscisión (Zucconi *et al.*, 1978).

2.2.1 Factores endógenos determinantes del cuajado

2.2.1.1 Tipo de brote

En los agrios, la floración se distribuye en diferentes tipos de brotes con y sin hojas. La presencia de hojas se muestra como un factor importante en el cuajado, debido a su capacidad para sintetizar y exportar metabolitos al fruto en desarrollo (Agustí y Almela, 1991).

Durante el crecimiento temprano, los nuevos brotes en formación constituyen una fuerte fosa de asimilados. Sin embargo, en los brotes reproductivos con hojas, a medida que sus hojas se van desarrollando pasan de ser sumideros de utilización a ser órganos de exportación, otorgándole al brote cierta autosuficiencia para el desarrollo del fruto (Moss *et al.*, 1972).

Al respecto, Lovatt *et al.* (1984) informan que a partir de pétalo caído la relación hoja/flor del brote comienza a tener una considerable influencia en la tasa de crecimiento del ovario. Con lo que los frutos que se originan de brotes con más de una hoja por flor, muestran un crecimiento más rápido, aumentando de esta manera su posibilidad de cuajar.

La presencia de determinados tipos de brote es una característica varietal (Talón, 1996), los cuales presentan un orden diferente de aparición o de desarrollo, donde las yemas florales que originan estructuras reproductivas sin hojas son las primeras en brotar produciéndose posteriormente la aparición de inflorescencias con hojas. Por lo que las estructuras reproductivas con hojas tienen un desarrollo de cáliz, corola y ovario más rápido favorecido por temperaturas más altas avanzada la primavera, persistiendo por mayor tiempo y

contribuyendo con un mayor porcentaje de fruto en la cosecha (Lovatt *et al.*, 1984).

En un trabajo realizado en mandarina Satsuma, Richardson and Blank (1996), confirma este orden de aparición de los diferentes tipos de brotes. Este autor informa además que el tipo de brote tiene poca influencia en la calidad final del fruto, aunque en ocasiones encontró que en los brotes con hojas, la fructificación fue ligeramente más alta y más lenta la toma de color de los frutos situados en este tipo de brote.

En un estudio detallado de los tipos de inflorescencias en naranjas "Hamlin" y "Valencia", Jahn (1973), encontró que la secuencia de apertura de las flores dentro de un mismo brote se repitió en forma consecutiva durante los 3 años de evaluación, la cual fue: primero flores apicales, después las basales y luego las flores subapicales. Este autor no encontró una relación entre el número de flores por brote y el porcentaje de cuajado final, en contraste, informa que se dan diferencias en cuajado dentro de un mismo brote, registrándose un mayor porcentaje de frutos cuajados en la posición subapical del brote. Justificando este hecho con las diferencias en las condiciones ambientales y fisiológicas que se dan entre la antesis de la flor apical y la subapical ya que el tiempo transcurrido varía de 3 a 4 días hasta 10 a 12 días.

Ruíz *et al.* (2001), encontraron que la antesis, empieza antes en las inflorescencias sin hojas y a los 15-25 días abren las inflorescencias con hojas. La primera flor de las inflorescencias múltiples con hojas abre a los 7 días antes que las demás.

Jahn (1973) informa que es más probable que los brotes que florecen más tarde tengan hojas y/o tengan un mayor número de hojas que los que aparecen más temprano. Este autor también reporta que las inflorescencias que aparecieron más temprano tendieron a tener más flores que aquellas inflorescencias que aparecieron después.

Cualquier factor ambiental o práctica cultural que reduzca el número de inflorescencias sin hojas o que aumente la relación hoja/flor, retardará la floración y paralelamente aumentará las probabilidades de cuajado favorecido

por las condiciones ambientales (Lovatt *et al.* 1984). Por lo que a medida que se produce una reducción de la floración se incrementa el número de brotes vegetativos y la presencia de inflorescencias con hojas, aumentándose la relación hoja/flor y por ende se aumenta el porcentaje de cuajado.

Independientemente de la influencia que el retraso la floración pueda tener en el proceso de cuajado, la importancia de la presencia de hojas se ha demostrado en numerosos experimentos, donde se comprobó que la defoliación aumenta la caída de frutitos como también adelanta el comienzo de la ola de abscisión en plantas que se les quitó las hojas viejas y como también en aquellas que se les arrancó las hojas jóvenes (Mehouachi *et al.*, 2000).

Guardiola *et al.* (1984), comprobó que existe una correlación entre el peso del ovario y el peso de las flores completas, siendo mayor en inflorescencias con hojas que en inflorescencias sin hojas, independiente del número de flores por el árbol.

Por lo que existe un comportamiento diferencial del fruto según el tipo de brote en que se origina. El peso de los frutos de brotes con hojas fue mayor que el de los de brotes sin hojas, presentando una caída mayor y más precoz (Hofman, 1990). Por su parte, Jahn (1973), informa que si bien la mayoría de la fruta cuaja en inflorescencias sin hojas, las inflorescencias con hojas potencialmente son más productivas presentando un mayor porcentaje de cuajado.

La presencia de hojas en el brote determina un mayor porcentaje de cuajado y de frutos que logran un mayor tamaño final (Moss *et al.*, 1972), originándose estructuras con mayor poder de fosa (Hofman, 1990), debido en parte a un mayor contenido de giberelinas y citoquininas (Agustí y Almela, 1991).

Durante los estadios de preantesis, no parecen existir muchas diferencias en cuanto a los niveles endógenos de GAs de los distintos brotes, pero estas diferencias si parecen fisiológicamente importantes en los ovarios en antesis. Los contenidos de GAs fueron superiores en los ovarios de las inflorescencias con hojas y aumentaron a medida que aumentaba la relación

hoja/flor y por tanto la probabilidad de cuajado (Ben-Cheinkn, 1997, citado por Talón, 1997).

Al respecto, Hofman (1990), con el objetivo de relacionar los niveles de hormonas con la capacidad de cuajado y desarrollo de los ovarios adyacentes a hojas jóvenes y hojas maduras, determinó los niveles de giberelinas en ambos tipos de ovarios. Si bien no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de giberelinas por fruto, se registró un aumento sostenido con el crecimiento de éste, siendo la cantidad absoluta superior en los ovarios adyacentes a hojas jóvenes.

Según Erner *et al.* (2000), en los frutos producidos en brotes sin hojas a los 7 días después de anthesis, las concentraciones de ABA fueron significativamente más altas que en los frutos producidos en brotes con hojas permaneciendo alta hasta el final del período de abscisión, relacionando esto con una falta de transporte de agua a los frutos.

Cuanto mayor es la relación flores/hojas más competencia y, por tanto, menor cuajado; las defoliaciones provocan siempre una mayor caída de frutos (Delhom y Primo Millo, 1993).

Moss *et al.* (1972) reportan que la fruta de inflorescencias sin hojas deben obtener sus asimilados de hojas viejas, cuya capacidad y área fotosintética individual es insuficiente para sustentar el crecimiento del fruto, siendo más susceptible a la competencia de otras fosas. Este autor encontró que la tasa fotosintética de las hojas jóvenes es de $10.1 \text{ mg de CO}_2 \times \text{dm}^2 \text{ xh}^{-1}$ siendo de $3.5\text{-}4.6 \text{ mg de CO}_2 \times \text{dm}^2 \text{ xh}^{-1}$ en las hojas viejas.

Si bien Erner *et al.* (2000), confirman que los frutos ubicados en brotes con hojas presentan un cuajado mayor, sostienen que la diferencia entre los porcentajes de cuajado entre brotes con y sin hojas, es explicado por la morfología y los sistemas vasculares de estos tipos de brotes, y que el transporte de agua al frutito es el factor principal que controla cuajado de fruto.

Gravina *et al.* (2000), establecieron los niveles de cuajado para el tangor "Ellendale", en función del tipo de brote para dos situaciones de floración.

Encontraron que los brotes terminales fueron los que presentaron un mayor cuajado en las dos situaciones de floración (20.7 y 11% para floraciones de 55 y 115 flores/100 nudos). En los brotes mixtos el cuajado fue de 9.1 y 3.3% , los solitarios tuvieron alcanzaron un valor de 13.3 y 3.1% y en cambio las inflorescencias el cuajado fue de 0.5 y 0.5% en floraciones de 55 –115 flores/100 nudos.

Fraschini y Lanfranco (2002), en un estudio realizado en ‘Nova’ encontraron que los brotes terminales fueron los que alcanzaron el mayor porcentaje de cuajado (22%) frente a los demás tipos de brotes en los que el cuajado fue de un rango de 0.4 a 1.6%.

En un trabajo presentado por Garcia-Papi *et al.* (1984), se muestra que las inflorescencias con hojas presentaron un mayor número de frutos cuajados que las inflorescencias sin hojas, en dos cultivares investigados de mandarina Clementina. Como resultado de su ensayo obtuvo un porcentaje de cuajado de 16 y 3% en Clementina Fina (sin semilla) y 37 y 14% en Clementina Monteral (con semilla) para las inflorescencias con hojas y sin hojas, respectivamente.

Ruíz *et al.* (2001) encontró que en árboles Washington navel con un rango de 20.000 a 40.000 flores/árbol, el cuajado en brotes con hojas fue de 35% y descendió a 3.7% para brotes sin hojas.

Yamanishi (1996), en un trabajo realizado en pomelo encontró que el porcentaje de cuajado en brotes con hojas fue de 6.3 y 0.3% en brotes sin hojas para floraciones bajas (0.7 flores/nudo), y en cambio en floraciones altas (1.3 flores/nudo) en brotes con hojas el porcentaje de cuajado descendió a 1.9% y a 0% en brotes sin hojas. Este autor además informa que existen diferencias entre estos tipos de brotes en peso y diámetro de ovario en floración, en el diámetro longitudinal y transversal, en porcentaje de sacarosa y ácidos en los frutos, como también en el porcentaje de aporte a la cosecha a favor de los brotes que presentan hojas.

Arias (2000), en uno de sus trabajos en la mandarina “Oronules” cuyo objetivo fue determinar los cambios con respecto a los niveles de poliaminas en cuajado y desarrollo de flores en brotes con hojas y sin hojas. Encontró un

mayor porcentaje de cuajado a favor de los brotes con hojas e informó que los niveles de poliaminas en los ovarios jóvenes fueron similares en ambos tipos de brotes, no encontrando por consiguiente una correlación entre los niveles de poliaminas y el cuajado de los frutos ubicados en los diferentes tipos de brotes.

Erner *et al.* (2000) informan que las inflorescencias que presentan un mayor número de flores iniciales, también presentan un cuajado final mayor, lo que llevó a estos autores a estudiar el sistema vascular de transporte del brote, encontrando que el mayor número de flores en este tipo de inflorescencias se corresponde con un área vascular mayor, por lo que sugieren que el transporte de agua en los 2 primeros meses después de la antesis es el factor más importante para el cuajado del fruto. Estos autores reportan que brotes sin hojas con una sola flor, tienen un área vascular 50% menor que los brotes con 3 flores iniciales, y casi dos tercios menos que los brotes con 4 hojas y 1 sola flor.

Las medidas de captación y movimiento de agua en plantas de cítricos han mostrado que el flujo de agua es más rápido y tiene lugar en los elementos del xilema. Defoliaciones de ramas frutales, han reducido la entrada de agua en el tejido de fruto en brotes con hojas (Mantell *et al.* 1979, citado por Erner *et al.*, 2000). El pedicelo que contiene parte del sistema de xilema, mostró una tasa de flujo similar al tejido de la hoja y más alto que en el propio fruto. Puesto que el flujo en el xilema es proporcional a la cuarta parte del diámetro, la resistencia del sistema vascular en brotes sin hojas con una flor es más alto que en brotes sin hojas pero con 3 flores o que brotes con hojas. Flores y frutitos adyacentes a un xilema con un sistema más desarrollado, con un flujo de agua mayor no padecerá tensión de agua y, por consiguiente, tendrá más oportunidad para cuajar frutos (Erner *et al.*, 2000).

En contraposición, García-Luis *et al.* (2002), reportan que las diferencias en la tasa de formación del tejido de conducción en el pedicelo de frutitos en desarrollo, sigue mas que precede las diferencias en la tasa de crecimiento del fruto. Aplicaciones de auxinas de síntesis al final de la floración (con 2,4 D) o a los 64 días post-floración (con 2,4 DP), provocó un aumento en la tasa de crecimiento de crecimiento y del tamaño del fruto en la madurez en un 8 a 13% del diámetro del fruto. Estas aplicaciones de auxinas también promovieron la

formación de tejido conductivo en el pedicelo, con un efecto específico en la formación de floema.

2.2.1.2 Disponibilidad de carbohidratos

En principio, el cuajado del fruto parece depender de los efectos competitivos que se establecen entre los órganos en desarrollo. En estas circunstancias, el número de órganos en crecimiento, la intensidad de la floración, condiciona el número de frutos y por tanto, el potencial de cuajado (Agustí, 1982; Talón, 1997; Guardiola *et al.*, 1984).

La intensidad de abscisión de frutos en desarrollo está ligada a los fenómenos de competencia entre ellos, principalmente por carbohidratos. Según Agustí (2000) existen diferentes razones que apoyan esta hipótesis:

- 1) La abscisión es tanto más intensa cuanto mayor es el número de frutos que han iniciado el desarrollo.
- 2) Las hojas desempeñan un papel fundamental en el proceso del cuajado.
- 3) La aplicación de técnica capaces de aumentar la disponibilidad de carbohidratos, como lo es la técnica del anillado, reducen el número de frutos que abscisionan.

Si la densidad de floración es tan elevada que su demanda excede a la posibilidad de la planta para nutrir el fruto en desarrollo, aparece un mecanismo de autocontrol que ajusta el número de frutos a su capacidad de nutrirlos, persistiendo solo los mejor situados y produciéndose la abscisión de los restantes, con lo que el cuajado desciende (Guardiola *et al.*, 1984; Talón, 1997).

Becerra and Guardiola (1984) informan que para valores de intensidad de floración menores a 15 flores cada 100 nudos se encuentra una relación directa entre el número de flores y el número de frutos cosechados. En cambio, para valores superiores a 20 flores cada 100 nudos no existe una correlación entre el número de flores formadas y el número de frutos que llegan a la cosecha. Lo que concuerda con lo reportado por Guardiola (1992), donde informa que en plantas con intensidades de floración entre 20-70 flores cada

100 nudos se obtendrá una adecuada cosecha, sin modificaciones significativas de rendimiento, en cambio con intensidades mayores o menores a este rango el rendimiento comercial se ve disminuido.

Por otra parte, Gravina *et al.* (2000), reportan que en “Clementina” no se da una correlación entre floración, para un rango de 55-99 flores cada 100 nudos con porcentaje de frutos cuajado el cual resultó en un 10% de las flores inicialmente formadas. Estos autores observan para el tangor “Ortanique” un muy bajo porcentaje de cuajado de 0.02 a 0.08% con intensidades de floración de 268 a 345 flores cada 100 nudos respectivamente. En el tangor “Ellendale” informan un descenso del porcentaje de frutos cuajados de 5.3 a 1.6, a medida que la floración se incrementa de 55 a 115 flores cada 100 nudos. Y para “Nova” el cuajado con floraciones de 200 y 295 flores cada 100 nudos se estableció en 2.0 y 1.5% respectivamente.

Guardiola *et al.* (1984) informan que para la variedad de naranja “Washington Navel” es variable la relación entre el número de flores y el número de frutos que cuajan a medida que aumenta la intensidad de floración. Estableciendo que hasta 40.000 flores por árbol se da una relación directa entre el número de flores y frutitos cuajados. Y entre 40.000 y 80.000 flores formadas no existe una relación con el número de flores y el número de frutos cuajados, obteniéndose dentro de estos rangos de floración el máximo número de frutos en la cosecha. Con más de 80.000 flores se da una disminución del número de frutos cosechados.

En un trabajo realizado por Agustí *et al.* (1982), donde estudiaron el comportamiento reproductivo del naranjo “Navelate”, informan que a medida que aumenta el número de flores de 7.500 a 124.200 se produce una reducción significativa del número de frutos cosechados. En estos árboles con altas floraciones se produce una prematura abscisión de estructuras reproductivas (yemas y flores), como resultado de la gran competencia que se establece por nutrientes minerales y sustancias de crecimiento. Esta masiva caída se debe además por la baja calidad de las flores las cuales presentan un bajo potencial de cuajado. La calidad de la flor al momento de producirse la floración es un factor muy importante en el cuajado del fruto y su futuro desarrollo.

Arias *et al.* (1996 b), informan que “Clementina de Nules” en dos años de estudio en que la floración fue de 99 y 79 flores/100 nudos presentó un cuajado promedio de casi 10%, en cambio, estos autores reportan que “Nova” en dos años de estudio el cuajado estuvo inversamente relacionado al número de flores con 200 y 294 flores/100 nudos y un cuajado promedio de 7 y 1.5% respectivamente, presentando una predominancia de brotes sin hojas.

Uno de los factores que ejerce mayor control sobre la calidad y cantidad de flores al momento de producirse el fenómeno de floración es la carga obtenida en la cosecha anterior. El fruto ejerce un efecto inhibitorio directo sobre el fenómeno de inducción floral a través de la modificación del balance hormonal (niveles endógenos de giberelinas) de la planta. Como también es el principal sumidero de carbohidratos, por lo que produce un agotamiento y disminución de las reservas de fotoasimilados para el siguiente ciclo productivo.

La floración y la fructificación están interrelacionados y un equilibrio entre ellos es necesario para la obtención de altos rendimientos y de manera constante (Becerra and Guardiola, 1984). Es así entonces que dos ciclos productivos están ligados, y por lo tanto, grandes desequilibrios productivos en un año influirán en el comportamiento siguiente.

Numerosos experimentos revelan que los fotoasimilados son factores de competencia durante el cuajado del fruto. Como ejemplo, defoliaciones totales o parciales en plena floración se traducen en una inhibición del crecimiento del frutito, provocando la abscisión del mismo (Mehouachi *et al.*, 1995).

Luego de la antesis (en la fase I) el fruto crece principalmente por división celular (mitosis) el cual es un proceso que exige mucha energía. Durante dicha fase son todos los tejidos los que aumentan su número de células y la acción conjunta de todos ellos es la que hace exigente al fruto en energía. El aporte de carbohidratos a éste resulta, por tanto crucial. Si la planta no es capaz de satisfacer dicha necesidad, el fruto pierde su ritmo de crecimiento y se desprende de ella (Agustí, 2000a).

Durante el primer mes después de la antesis, las hojas en desarrollo no suministran carbohidratos al fruto, ya que actúan como sumideros de

metabolitos (Moss *et al.*, 1972). En su transición a hojas adultas, se transforman en órganos fuente, exportadores de azúcares. Durante las primeras fases, los tratamientos de defoliación no parecen afectar drásticamente a la abscisión de inicial de frutos (Mehouachi *et al.*, 1995).

En esta fase temprana, el fruto no acumula carbohidratos y parece comportarse mas bien como sumidero de utilización debido a su alta actividad metabólica y la alta tasa de división celular. Durante la transición del estadio de división celular al de elongación celular, el fruto cambia su actividad metabólica y se convierte en un sumidero de almacenamiento (Mehouachi *et al.*, 1995; Talón, 1997). Tratamientos de defoliación han demostrado que durante esta transición se reduce considerablemente el aporte de carbohidratos y se incrementa la abscisión. Estos resultados indican que durante esta fase de transición el aporte de carbohidratos es esencial para el cuajado y posterior desarrollo del fruto.

Se ha encontrado una relación directa entre el nivel de carbohidratos y la floración, pero son inconclusas las evidencias de que los carbohidratos estén directamente involucrados en la floración debido a que la mayoría de la información proviene de experimentos con anillado y estudios de árboles con alternancia productiva en los cuales también intervienen factores hormonales que regulan la floración (Goldschmidt *et al.* 1985).

Según Talón (1997), la competencia por los elementos minerales se observa durante los períodos de post-floración y en mayor medida durante la caída fisiológica. En este momento se produce una disminución de las concentraciones foliares de los elementos minerales más móviles en la planta, como son el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

El proceso de floración y el cuajado se producen al comienzo de la primavera, momento en que la temperatura del suelo aún es baja y por lo tanto, el crecimiento y la absorción radicular de nutrientes también lo es. Sumado al hecho de que los requerimientos de nitrógeno en los árboles adultos de Citrus presentan su máximo en la floración y en el cuajado, lleva a que la mayor parte del nitrógeno que va a los ovarios proceda de reservas (hojas viejas y reservas)

y, por tanto, se produzca un déficit estacional de nitrógeno, fósforo y potasio en primavera (Delhom y Primo Millo, 1993; Talón, 1997).

2.2.1.3 Regulación hormonal

El cuajado y desarrollo del fruto es un proceso complejo que está bajo control hormonal y en el que están implicados diferentes promotores e inhibidores (Guardiola, 1982; Delhom y Primo-Millo, 1993).

Se ha informado que las giberelinas (Goldschmidt and Monselise, 1972) y las citoquininas (Saidha *et al.*, 1985 citados por Arias *et al.*, 2000b) están presentes en concentraciones altas en brotes mixtos y en baja concentración en inflorescencias sin hojas.

2.2.1.3.1 Giberelinas

Las GAs son activos promotores de la división y elongación celular y su presencia generalmente se asocia con procesos de crecimiento (Talón, 1997).

No hay dudas de que el cuajado se encuentra bajo control hormonal, ya que puede ser incrementado mediante la aplicación selectiva de diversos tipos de reguladores del desarrollo a las flores. De manera que cuando se aplica ácido giberélico en floración tiene un efecto en la distribución de nutrientes en la planta, modificando los centros de crecimiento y la competencia entre órganos (Guardiola, 1982).

En los Cítricos, las GAs incrementan su concentración en los ovarios en desarrollo durante el período de anthesis formando parte del estímulo hormonal que activa la división celular del ovario y propicia el cuajado del fruto. Las variedades que presentan el mismo potencial de cuajado también presentan la misma concentración de giberelinas, mientras que las variedades que poseen un potencial de cuajado deficiente o escaso contienen bajos niveles de giberelinas (Talón, 1997).

Cuando se aplica ácido giberélico para inducir el cuajado del fruto, produce también un retraso en la maduración, una reducción significativa del tamaño final que no es debida a una mayor competencia en la planta, sino a un efecto depresivo directo en su crecimiento (Guardiola, 1982).

Aplicaciones de GA₃ en plena floración en naranja "Navelate" tuvo como resultado un aumento en el porcentaje de frutos cuajados (Agustí *et al.*, 1982)

En las variedades sin semillas el incremento en la concentración de giberelinas se produce de forma natural sin que tenga lugar la polinización. Este incremento de GAs parece reactivar el crecimiento del fruto y aumentar la fuerza de sumidero atrayendo nutrientes hacia los frutos, siendo en este sentido las GAs factores que limitan y condicionan el cuajado del fruto (Talón, 1997).

Las giberelinas también son muy efectivas en la inhibición de la floración cuando se aplica en los meses de invierno. Arias *et al.* (2000) informa que en nuestras condiciones aplicaciones de GA₃ en junio a 20 ppm reduce significativamente el número del total de flores, como también estas hacen que se desarrollen en una brotación con mayor relación fuente/fosa la cual mejora el cuajado, el potencial de tamaño del fruto y por lo tanto el rendimiento final.

Guardiola *et al.* (1977), informan que la aplicación de GA₃ produce una disminución en la floración no afectando el número de flores por inflorescencia como también produce un incremento en la proporción de inflorescencias con hojas y vegetativos, disminuyendo en forma marcada el número de brotes sin hojas.

En cambio en las variedades con semillas, la flor detiene su crecimiento durante la anthesis, los pétalos se abren y tiene lugar la polinización y la fecundación, Y si estos proceso se desarrollan con éxito el ovario de la flor se transforma en fruto y se inicia el crecimiento y desarrollo del mismo. La polinización y fertilización estimulan la síntesis de GAs, que son los factores que reactivan el crecimiento. Cuando se aplica ácido giberélico, a las variedades deficientes de GAs, se mejora el cuajado y también se incrementa el tamaño del fruto cuando se la aplica a frutos individuales al inicio de la fase de división celular (estado de caída de pétalos). Sin embargo, la mayoría de las especies

cultivadas son variedades que presentan un elevado grado de partenocarpia natural, en las cuales las aplicaciones exógenas de GAs no incrementan el cuajado y desarrollo del fruto (Talón, 1997).

2.2.1.3.2 Citoquininas

Las citoquininas también son hormonas que juegan un papel importante en la síntesis proteica así como en la división celular, punto fundamental en las primeras fases del desarrollo del fruto (Delhom y Primo-Millo, 1993).

Y al igual que las giberelinas, parecen incrementar su concentración en los ovarios en desarrollo durante el período de antesis como si formaran parte del estímulo hormonal que reactiva la división celular y estimula el crecimiento del fruto posibilitando el cuajado (Talón, 1997; Delhom y Primo-Millo, 1993).

Estudios de frutos de varias especies han demostrado cambios en los niveles de endógenos de citoquininas después de la antesis (Lethan and Williams, 1969; Saidha *et al.*, 1985, citados por Hernández and Primo Millo, 1990), aunque la relación entre el contenido hormonal y la habilidad de cuajar y desarrollarse del fruto no está demostrado concluyentemente. Se ha sugerido que las semillas es el sitio donde se sintetizan las citoquininas, requeridas para el crecimiento y desarrollo del fruto, pero también proporcionan muchos de las hormonas requeridas para el desarrollo del fruto (Hernández and Primo-Millo, 1990).

2.2.1.3.3 Auxinas

Las auxinas estimulan la elongación celular mas que la división celular. Incrementan sus niveles en los frutos durante la caída fisiológica, justo al inicio de la fase de alargamiento celular. Este incremento en la concentración de auxinas parece estimular el alargamiento celular del fruto iniciando la fase II del crecimiento del fruto. Por lo que sugiere que se relacionan con el proceso de crecimiento rápido del fruto (Talón, 1997).

Las auxinas naturales afectan en dos formas el proceso de abscisión, en una etapa, lo retrasan, cuando el etileno no es capaz de promoverlo, actuando en forma antagónica; en una segunda etapa, la promueven, mediante el estímulo de la síntesis de etileno (Goren, 1993).

El uso de auxinas de síntesis, en general, no mejora la capacidad de cuajado, estas sustancias sí son capaces de aumentar el desarrollo del fruto cuando se aplican justo al finalizar la caída fisiológica, al inicio de la fase de elongación celular (Talón, 1997).

Tratamientos con auxinas de síntesis (principalmente 2,4-D) durante la fase III de la fructificación también incrementa la fuerza de retención del fruto al árbol y reduce la abscisión (Talón, 1997).

En los ovarios y frutos pequeños, durante la antesis y cuajado del fruto, aparece una alta actividad auxínica. En un estudio se vio que aparece un máximo en el contenido de ácido indolacético (AIA) libre, en la caída de pétalos con una rápida disminución posterior (Delhom y Primo-Millo, 1993).

Haciendo una comparación entre variedades con y sin semillas, también se ha observado que los ovarios de las variedades sin semillas tienen unos niveles superiores de auxinas que las variedades semilladas. Lo que lleva a Delhom y Primo-Millo (1993) a sugerir que las auxinas juegan un papel en el cuajado y desarrollo del fruto de los cítricos y que parece ser que los niveles de hormonales alcanzados por los ovarios sean suficientemente altos como para que los procesos fisiológicos en que participan se desarrollen con normalidad.

2.2.2 Factores exógenos determinantes del cuajado

2.2.2.1 Temperatura

El cuajado se ha relacionado con la temperatura, pero al igual que para otras fases del desarrollo es difícil establecer el efecto que la misma tiene “per se” sobre el cuajado, salvo para valores extremos. Rangos de temperaturas entre 15 y 20°C se muestran como favorables, mientras que temperaturas inferiores a 13°C dificultan el desarrollo del tubo polínico (Agustí, 2003).

Temperaturas muy elevadas (>35 °C) durante la fase I del desarrollo pueden provocar una caída masiva de frutos, sobre todo si el estado hídrico del árbol no es el adecuado (Agustí, 2000).

Talón (1997), reporta que en condiciones de altas temperaturas y vientos secos, durante el período de cuajado, producen deshidratación de la planta y en definitiva provocan también abscisión de frutos por carencia de agua.

2.2.2.2 Agua

El contenido en agua del suelo juega un importante papel en el cuajado y desarrollo del fruto y, por tanto, debe ser manejado con el máximo cuidado, de manera que el árbol no esté sometido ni a déficit ni a excesos hídricos (Delhom y Primo Millo, 1993; Bower, 2000).

Según García (2000), la producción de fruta en aumenta significativamente en naranjas Navel y Valencia cuando el cultivo está bajo riego. Este autor informa que en la naranja Valencia se logró incrementar la producción desde un 25% en un año húmedo hasta un 79% en un año seco, y en naranja Navel el aumento varió entre un 19 y un 49% respectivamente. Sugiriendo la importancia de mantener una alta humedad en el suelo con posterioridad a la caída de frutos de diciembre.

La humedad relativa y el contenido de agua en el suelo juegan también un papel notable en el cuajado. Humedades relativas bajas, particularmente si se hallan acompañadas de altas temperaturas, promueven la caída de frutos en desarrollo (mayo-junio, HN). En general, cuando la transpiración es muy elevada, si el estado hídrico de la planta no pueda ser repuesto con facilidad, se origina un incremento de la abscisión fisiológica de frutos que acarrea una pérdida de cosecha. Por lo tanto el riego en esta época se convierte en una práctica de manejo de gran importancia. Los factores endógenos más relevantes son aquellos relacionados con la capacidad de fecundación o de paratenocarpia natural de las diferentes especies y variedades y con aspectos nutricionales, derivados en gran medida de los fenómenos de competencia (Agustí, 2000)

La falta de agua tiene algunos efectos máximos nocivos durante la caída fisiológica, en donde se incrementan considerablemente las velocidades de abscisión de frutos y también se reducen el crecimiento y el tamaño. La falta moderada de agua parece agravar las dificultades metabólicas que ya de por sí tiene la planta durante el período crítico de elevada competencia que tiene lugar durante la caída fisiológica e incrementa notablemente la abscisión normal de los frutitos (Talón, 1997).

2.2.2.3 Nutrición

Aunque el cuajado de los Cítricos está bajo regulación hormonal, la disponibilidad de agua y de elementos nutricionales (fotoasimilados y minerales) son indispensables para llegar a buen término (Delhom y Primo Millo, 1993; Talón, 1997).

La floración y el cuajado se producen en un momento en que hay también un proceso de crecimiento vegetativo en marcha (brotación de primavera) por lo tanto habrá una elevada competencia por nutrientes. De ahí que cuanto mayor sea la competencia, la probabilidad de que los ovarios persistan y el fruto cuaje es menor, haciendo insuficiente el efecto sumidero producido por los contenidos hormonales (Delhom y Primo Millo, 1993).

Aplicaciones invernales de urea foliar a razón de 1% incrementa el rendimiento en varias especies del género Citrus. Estas aplicaciones se correspondieron con un incremento endógeno transitorio de NH_4^+ y con un aumento no significativo hacia la producción de flores sin hojas. Aparentemente, esta aplicación previo a la brotación, incrementaría la disponibilidad de nitrógeno durante la fase crítica de floración y cuajado, en beneficio del cuajado (Rabe, 1994).

Otros autores también reportan un incremento significativo en el rendimiento y número de frutos mediante aplicaciones de urea foliar invernal (Ali y Lovatt, 1994).

Hay una máxima competencia por fotoasimilados entre desarrollo vegetativo y reproductivo en la formación de hojas nuevas en formación y ovarios en desarrollo. En esta fase se depende de las exportaciones de hojas del año anterior, que en parte han perdido su eficacia fotosintética al envejecer, ya que la brotación joven aún no tiene desarrollo suficiente para ser eficiente desde el punto de vista de la fotosíntesis (Delhom y Primo Millo, 1993).

De acuerdo con Talón (1997), después de haberse iniciado el período de desarrollo, frecuentemente ocurre que el aporte de nutrientes no es suficiente o que las condiciones climáticas se tornan desfavorables. Generándose en estos casos nuevas señales hormonales que reprimen las respuestas de crecimiento y desencadenan mecanismos de protección y defensa, abortando el desarrollo y provocando la abscisión de la mayoría de los frutos para asegurar, si es posible, el desarrollo de unos pocos.

En los árboles de cosecha alternante hay variaciones anuales de un polisacárido de reserva, como es almidón, de manera que el año siguiente produce poco debido a que tiene pocas reservas (Delhom y Primo Millo, 1993).

2.3 CRECIMIENTO Y TAMAÑO FINAL DEL FRUTO.

Según Talón (1997), en las variedades con semillas, el crecimiento y desarrollo del fruto están regulados por distintos programas genéticos, los cuales son desencadenados por estímulos externos, como la polinización y la fertilización. Aunque la presencia de semillas no es imprescindible para el desarrollo del fruto. Se ha demostrado que las semillas en formación poseen una elevada capacidad de síntesis hormonal (giberelinas, citoquininas y auxinas), responsables del crecimiento de los tejidos adyacentes (Agustí, 2000a).

Sin embargo, la mayor parte de las variedades cultivadas en la actualidad, tienen la capacidad de desarrollar frutos sin semillas (partenocárpicas). La partenocarpia se ha definido como la formación de frutos sin fecundación de los óvulos y, por tanto, sin desarrollo de semillas, y es un

fenómeno que se produce de forma natural en muchas especies de cítricos, pudiendo tener un origen genético o ambiental (Delhom y Primo-Millo, 1993).

De modo que en las variedades que presentan ausencia de semillas en desarrollo, son las paredes del ovario las que asumen el papel promotor del crecimiento como sintetizadoras o receptoras de los factores reguladores del mismo, las que constituirán finalmente la corteza del fruto (Agustí, 2000a).

El tamaño del fruto en el mercado de exportación, se ha tornado en los últimos años, uno de los parámetros de mayor importancia en la determinación del precio, y en algunos casos, limita la posibilidad de aceptación (Gravina, 1999).

El tamaño final alcanzado por los frutos es consecuencia de diversos factores de índole e incidencia variables. Siendo el desarrollo del fruto resultado de la acumulación de metabolitos la cual puede ser limitada por su falta de disponibilidad en la planta, como por la incapacidad del propio fruto para acumularlos, hay muchos factores que pueden incidir sobre este proceso. Por otro lado, las características genéticas de la variedad condicionan no solo el tamaño medio del fruto, sino el rango de variación en las que se puede modificar sin que el fruto adquiera características indeseables (Agustí y Almela, 1993)

2.3.1 Etapas del crecimiento del fruto

Tras la fecundación o el estímulo partenocárpico del ovario, éste inicia su desarrollo hasta convertirse en fruto maduro. Esta transición tiene lugar en fases sucesivas con características bien definidas, pero variables en duración, según las condiciones ambientales, especies y variedades (Agustí, 2000a).

El crecimiento acumulado de los frutos cítricos, es bien representado, en general por una curva sigmoide, en la que se distinguen 3 fases claramente diferenciadas (Bain, 1958; García-Papi, 1984; Gravina, 1999):

- 1) Fase I ó fase de división celular: Presenta una duración variable de 40-50 días (García-Papi, 1984; Talón, 1997). Es un período de poco crecimiento volumétrico pero de intensa división celular a nivel de todos los tejidos, que se inicia en la antesis y finaliza durante la caída fisiológica (Bain, 1958). En esta fase se define el número de células del fruto y por lo tanto su tamaño potencial (Gravina, 1999).
- 2) Fase II ó fase de elongación celular: Tiene una duración variable, entre 4 y 8 meses, y según algunos autores esta etapa comienza aproximadamente cuando termina la caída fisiológica, continuando hasta poco antes del cambio de color (Gravina, 1999). Esta fase se caracteriza por un muy rápido crecimiento del fruto, predominando el alargamiento celular. Se caracteriza por la elongación celular del exocarpo o piel del fruto y el llenado de las vesículas de jugo, comienza aproximadamente, cuando finaliza la caída fisiológica (Gravina, 1999).
- 3) Fase III o fase de maduración: Dura aproximadamente un mes, donde la tasa de crecimiento va disminuyendo progresivamente (Gracia-Papi, 1984). Mientras el fruto permanezca en la planta, el crecimiento volumétrico del fruto continúa pero en esta fase el velocidad de crecimiento del mismo es considerablemente menor que en la fase anterior (Holtzhauzen, 1969).

En los frutos con semilla los carpelos, la nucela y el embrión adquieren su tamaño casi definitivo durante la fase I del desarrollo del fruto. El desarrollo de la pulpa, o tejidos comestible, determina mayoritariamente las fases II y III del desarrollo. Luego de la antesis de la flor, la corteza (pared del ovario) adquiere un gran desarrollo, representando aproximadamente el 60% de la sección transversal del ovario. Durante la fase I del desarrollo del fruto, la actividad mitótica del endocarpo promueve la formación de las vesículas (pulpa) que, paulatinamente van llenando los lóculos, al mismo tiempo que la corteza crece intensamente en espesor hasta alcanzar, aproximadamente, el 85% de dicha sección a los 60-70 días de la antesis. A partir de entonces, su espesor va reduciéndose poco a poco como consecuencia de la presión que desde el interior del fruto, ejerce la pulpa en crecimiento, llegando a su mínimo espesor cuando el fruto cambia de color. Un crecimiento posterior de la corteza, durante la maduración, se ha registrado en algunas variedades (Agustí, 2000).

2.3.2 Factores endógenos que inciden en el tamaño final del fruto

El tamaño final del fruto está regulado por un conjunto de factores de naturaleza e incidencia variables. La imposibilidad de su control global, y en algunos casos individual, y la interrelación entre ellos complica su estudio y solo permite tener un conocimiento parcial de algunos de ellos, lo que unido a las diferencias varietales, entre parcelas, etc., obliga al estudio fragmentado de los mismos (Agusti, 1985).

2.3.2.1 Factores genéticos

El tamaño del fruto en los cítricos puede variar entre márgenes bastante amplios para una misma variedad. Así, los árboles jóvenes producen frutos de mayor tamaño con corteza más gruesa y basta. En general, cuando el tamaño es grande y se separa mucho del característico, suelen aparecer caracteres indeseables (cortezas gruesas y bastas, poco zumo, etc.) (Agustí *et al.*, 2003).

2.3.2.2 Tipo de brote

La tasa inicial de crecimiento de fruta esta relacionada con la floración y con el tipo de inflorescencia en que se desarrollan las flores. Las frutas de las inflorescencias con hojas crecen más rápido que la fruta de las sin hojas. Donde la presencia de algunas flores en la inflorescencia con hojas tiene un efecto menor en la tasa de crecimiento del frutito más vigoroso, comparada con frutitos de inflorescencias que presentan una sola flor (Guardiola *et al.* 1984).

La comparación del desarrollo de los frutos situados en distintos tipos de inflorescencias revela importantes diferencias entre ellos. Así, se ha demostrado que la presencia de hojas en el brote estimula el desarrollo a través de una mayor velocidad de crecimiento, apareciendo las primeras diferencias en el momento del cuajado y aumentando con el tiempo hasta la recolección (Agustí *et al.*, 2003).

En un trabajo realizado sobre naranja 'Valencia' cuyo objetivo fue evaluar la calidad del jugo en los diferentes tipos de inflorescencias, se encontró que el

tipo de inflorescencia afecta indirectamente la calidad del jugo ya que el tipo de inflorescencia afecta el tamaño del fruto. Encontrándose en los brotes con hojas el un tamaño de fruto significativamente mayor al de los brotes sin hojas (Barry *et al.*, 2004).

En el proceso de desarrollo del fruto las hojas adquieren un papel esencial como fuente de productos fotosintéticos, sobre todo carbohidratos. Sin embargo, durante un mes, aproximadamente después de la antesis, actúan como órganos competidores de los frutos ya que mientras crecen actúan como sumidero y solo en su transición a hojas maduras alcanzan, paralelamente, su papel de fuente de carbohidratos (Moss *et al.*, 1972).

Según reportan (Lovatt *et al.*, 1984), los ovarios que se desarrollan de inflorescencias con hojas son más grandes que aquellos de brotes sin hojas con tallos más gruesos y un sistema vascular más grueso (Erner and Shomer, 1996). Estas diferencias en el tamaño inciden en el tamaño final del fruto, siendo consecuencias del mayor contenido de hormonal de los ovarios situados en brotes con hojas, tanto en giberelinas (Goldschmidt y Monselise, 1972; Hofman, 1990), como en citoquininas (Saidha *et al.*, 1985 citados por Agustí *et al.*, 2003), lo que podría aumentar la capacidad de estos frutos para atraer nutrientes del resto de la planta en etapas en que las hojas en desarrollo no pueden cubrir sus exigencias.

2.3.2.3 Competencia entre órganos en desarrollo

Según reporta Guardiola *et al.*(1984), en uno de sus trabajos realizado en naranja Washington Navel, un aumento en el número de flores produce una reducción en el peso y en la tasa inicial de crecimiento del fruto, y un aumento en el número de frutos en vías de desarrollo, donde la mayoría de estos frutos se caen posterior a la antesis.

El número de flores formadas en un árbol se relaciona inversamente a la cosecha anterior. Cuando el número de flores es demasiado grande, hay una reducción en el número inicial de frutitos en desarrollo y en su tasa de crecimiento. Una reducción en el número de flores incrementa el peso seco del

ovario en la antesis de inflorescencias con hojas y sin hojas, obteniéndose un aumento adicional cuando el número de flores se redujo más de 6000 por árbol (Guardiola *et al.*, 1984).

Existe una relación inversa entre el número de frutos cosechados y su tamaño individual, pero dicha relación no es lineal y el peso del fruto sólo está determinado por su número cuando éste es inferior a un cierto nivel, distinto según la variedad. Por encima del mismo, el tamaño del fruto alcanza un límite y no depende del número de los cosechados, lo que algunos autores han atribuido sin más, al potencial genético de la especie (Monselise and Goren, 1977).

Sin embargo aún en la zona de mayor dependencia la correlación normalmente encontrada entre ambos parámetros (número de frutos y tamaño) es baja y raramente explica más del 50% de la variabilidad total del tamaño del fruto. Ello unido a la forma de la curva impide explicar el tamaño final del fruto en desarrollo (Agustí, 1985).

Al comparar, en el momento de la antesis, los ovarios de flores procedentes de plantas que, en condiciones idénticas, difieren marcadamente en su nivel de floración, se pone en evidencia una relación negativa entre el peso individual y la densidad de floración. El mayor desarrollo de los ovarios en las plantas que florecen en una menor intensidad, se debe al mayor número de células presentes en su corteza y en menor grado al mayor tamaño de las mismas (Agustí, 1985).

El tamaño final del fruto está determinado desde el crecimiento inicial del ovario afectándolo negativamente la competencia entre flores. Una vez superada la caída fisiológica la competencia entre frutos en desarrollo tiene una influencia mínima sobre el tamaño final (Agustí, 1985).

La alternancia es un fenómeno tan conocido como indeseable en los cítricos, generándose alteraciones en la fenología reproductiva dentro de las parcelas que hacen que el manejo y la calidad de la cosecha se vean influenciadas negativamente. Los frutos procedentes de años de baja carga (año "off") son grandes y generalmente de baja calidad, mientras que aquellos

provenientes de altas cargas de fruta (año “on”) son excesivamente pequeños (Moss, 1971).

La dependencia entre la cosecha y la floración, dentro de unos límites muy amplios, para la mayor parte de nuestras variedades, ofrece la posibilidad de mejorar, indirectamente, el tamaño del fruto inhibiendo parcialmente la floración mediante aplicaciones invernales de ácido giberélico (GA_3) y/o ácido diclorofenoxiacético (2.4-D) (Guardiola *et al.*, 1977).

Estos tratamientos no solo reducen la floración en términos absolutos sino que redistribuyen la brotación de primavera, aumentando el número de brotes florales con hojas y reduciendo el de inflorescencias sin hojas (Goldschmidt *et al.*, 1985). La consecuencia por tanto, es doble ya que por un lado se aumenta la proporción de frutos situados ventajosamente (los brotes con hojas) que alcanzan un tamaño final más elevado, y por otro se reduce la competencia entre flores, obteniéndose de esta manera en árboles bien nutridos y con un manejo adecuado, cosechas elevadas (número de frutos) y de calidad (calibre del fruto) (Agustí, 1985).

2.3.3 Factores exógenos que inciden en el tamaño final del fruto

2.3.3.1 Ambientales

Factores ambientales tales como altitud, lluvia, humedad, viento, etc. son, bajo el punto de vista práctico, incontrolables. La dependencia mutua entre ellos impide, asimismo, asignar un papel específico a cada uno sobre el desarrollo del fruto, pero su influencia es evidente. Así, vientos secos durante la última fase de su crecimiento, bajas temperaturas del suelo, etc., pueden reducir el tamaño final del fruto. Siendo de todos ellos la humedad del suelo el factor mas importante (Agustí, 1985).

El agua es crítica para el funcionar de plantas, particularmente a través del movimiento de nutrientes y el mantenimiento de la turgencia de la célula. Una deficiencia (tensión de agua), particularmente en las fases críticas de crecimiento durante el ciclo fructificación, tendrá efectos severos en la

economía de carbono de árbol, en el cuajado, crecimiento y calidad de frutos (Bower, 2000).

García (2000), en uno de sus trabajos donde estudia el efecto de diferentes momentos de riego sobre cuatro variedades de Citrus, informa que el tamaño promedio de los frutos fue significativamente incrementado por el riego en todas las variedades estudiadas.

Una tensión de agua durante la floración, el cuajado y el crecimiento del fruto, inclusive en la fase de división de célula y en el periodo de caída fisiológica, creará claros efectos de tensión fisiológica y producirá pérdida de crecimiento de fruto a través de una disminución de la división de la célula y una seria pérdida de la cosecha debido una abscisión intensificada (Bower, 2000).

Dentro de rangos de temperatura no letales es la temperatura el factor climático más significativo en la mayoría de los procesos fisiológicos. Con temperaturas por debajo de 10°C puede causar limitaciones en el crecimiento y productividad. La temperatura óptima para los Cítricos es de 20°C, con una mínima de 10°C y una máxima de 35°C (Erner *et al.*, 1999).

2.3.3.2 Edáficos y nutricionales.

Según Agustí (1985), el tamaño del fruto está regulado por factores internos de la planta más que por las características del suelo que, de no ser inapropiado para el cultivo de los agrinos, tienen escasa importancia.

Sin embargo el nivel nutricional de la planta juega un papel importante. En general cuando un elemento mineral se encuentra en la zona de deficiencia su adición al medio se relaciona positivamente con el estímulo en el crecimiento del fruto (Agustí, 1985). Superada dicha zona adiciones superiores no tienen efecto alguno o pueden traducirse, como en el caso del nitrógeno y el fósforo, en una reducción del tamaño y pérdida de calidad del fruto. El potasio sin embargo, se presenta como la excepción ya que valores superiores a los considerados como óptimos mejoran el tamaño del fruto sin afectar su calidad comercial (Guardiola, 1980 citado por Agustí, 1985). Sin embargo, otros autores

informan que niveles excesivamente altos de K producirá frutos grandes de corteza gruesa (excepto en limón), de pulpa basta y con escaso zumo (normalmente muy ácido) y con niveles demasiado bajo producirá fruto pequeño, no aceptable en el mercado de fruto fresco o para la exportación, aunque con color escaso y bueno (Emblenton *et al.*, 1969; Koo, 1985; Erner *et al.*, 1999).

En un trabajo realizado por Guardiola *et al.* (1984), se reporta que con una reducción en el número de flores de 128000 a 59000 aumentó la acumulación de nitrógeno y fósforo relativo a la materia seca, pero no tuvieron efecto en la acumulación de calcio, magnesio y potasio. Una gran reducción en el número de flores a 19000 no afectó la proporción relativa de acumulación de elementos minerales, aunque aumentó mucho la proporción de crecimiento del fruto.

La acumulación de elementos minerales en el frutitos en desarrollo esta estrechamente seguido por el aumento en peso seco. La relación entre estos parámetros es lineal durante por lo menos un mes, desde la antesis (Guardiola *et al.*, 1984).

El nivel de fotoasimilados en la planta también se presenta como factor determinante del tamaño del fruto (Agustí, 1985).

Aunque el régimen hídrico como la disponibilidad de nutrientes, en particular el potasio, determinan en ocasiones el tamaño del fruto, en las plantas bien nutridas es la competencia entre los frutos en desarrollo y la producción de carbohidratos, el factor central en la determinación de su tamaño final. La regulación del proceso de desarrollo es importante sobre todo en cítricos de pequeño tamaño (mandarinas) en los que el precio del mercado depende fundamentalmente del calibre (Guardiola *et al.*, 1987).

2.4 EL TANGOR ORTANIQUE (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.)

2.4.1 Generalidades

El tangor Ortanique es una de las variedades cítricas de reciente introducción en el país. Presenta muy buenas características de calidad de fruto y manejo post-cosecha que le otorgan gran potencial para la exportación (Arias *et al.*, 1996 a).

Es un híbrido entre naranjo dulce y mandarino, cuyos parentales son desconocidos (Soler, 1999). Se descubrió en Jamaica por C.P. Jackson de Mandeville en 1920. Su nombre es una síntesis de ORange, TANgerine y unIQue (naranja-mandarina-única) (Saunt, 2000).

El árbol es muy vigoroso y de gran desarrollo, con hábito de crecimiento abierto y forma esférica. Tiene una gran densidad de hojas de color verde oscuro y de forma acucharada, con pecíolo corto y sin alas. Las ramas gruesas no tienen espinas, sin embargo, en las axilas de las hojas de las ramas finas aparecen pequeñas y abundantes espinas que permanecen mucho tiempo (Soler, 1999).

En las condiciones de Uruguay los frutos son de tamaño medio a grande, siendo el diámetro ecuatorial 1.5 veces el polar, alcanzando un diámetro de 85 mm cuando hay baja producción (Gravina, 2002).

El fruto en la zona estilar presenta a menudo un ombligo pequeño; la pulpa es fundente con elevado contenido de zumo, muy bien compensado por la gran cantidad de azúcares y ácidos totales que contiene. La cáscara es de color naranja muy atractivo, muy adherida a la pulpa hasta el punto que el pelado se realiza con dificultad (Soler, 1999). A pesar de ello, es muy bien aceptada en el mercado europeo, obteniendo excelentes precios (Gravina, 2002).

La forma, textura y espesor de la cáscara, así como el color externo y la calidad interior, es muy afectado por el área en la que se produce. En las zonas subtropicales el fruto es de cáscara gruesa y más naranja que en otras zonas

tropicales, donde la piel se presenta lisa, fina y de color naranja pálido (Saunt, 2000).

Los frutos presentan muy bajo porcentaje de descarte por daños (Benzano, 2003) debido a que su cáscara es muy resistente al daño por viento durante el inicio de su desarrollo, presentando la mejor performance entre los híbridos y tangerinas (Gravina, 2002). No presenta semillas, pero puede tenerlas si se cultiva próxima a variedades compatibles (Soler, 1999) como ser "Nova" o limón "Lisbon" (Gravina, 2002), y si se encuentran son poliembriónicas (Soler, 1999).

Alcanza la plena floración entre el 15 y el 30 de octubre en la zona Sur (Arias *et al.*, 1996 a). El fruto es de maduración tardía y se puede retrasar su cosecha hasta 30 días después de alcanzada la madurez, sin efectos negativos en la calidad de fruta ni en la floración siguiente (Benzano, 2003).

Carrau *et al.*, (1993) informan que el tangor Ortanique supera a muchas variedades en cuanto a calidad de jugo para procesamiento industrial, sin embargo, para consumo en fresco presenta la desventaja de su difícil pelado.

Comienza a producir a corta edad y es muy productiva (Soler, 1999). Según Delhom y Primo Millo (1993) este híbrido generalmente no presenta problemas de productividad, e informan que si los presentara, responde bien tanto al ácido giberélico como al anillado. En contraste, Gravina (2002), informa que en las condiciones de Uruguay esta variedad tiene un comportamiento productivo irregular, con grandes diferencias entre plantas de una misma parcela y dentro de un mismo año; por lo que es necesario (especialmente en los primeros años) implementarles prácticas de manejo que aumenten su productividad.

Arias *et al.* (1996 a) realizaron un estudio en este híbrido en la zona sur del país en condiciones de secano, e informaron que en esas condiciones y en dos años consecutivos, produjo un excesivo número de flores (superando las 100 flores cada 100 nudos) con predominancia de inflorescencias sin hojas, lo que lleva a una abscisión masiva de estructuras reproductivas, disminuyendo drásticamente la productividad. Obteniéndose cuajados de 0.02 y 0.08%.

Gravina (2002) informa también que esta variedad alcanza una alta floración, con valores de 180 y 268 flores/100 nudos en las zonas norte y sur del país, correspondiéndose con muy bajos valores de cuajado, 0.01 y 0.02% respectivamente. El hábito de brotación observado sitúa al tangor Ortanique dentro de los cultivares en los que el exceso de flores provoca una gran competencia entre órganos, lo que da como resultado un fallo masivo del cuajado.

En cambio Benzano (2003), en un trabajo realizado sobre esta variedad en la zona sur del país, informa que ésta presenta una brotación moderada de 23-37 brotes/100 nudos y una intensidad de floración media a baja de 20 flores/100 nudos, distribuyéndose mayoritariamente en brotes florales con hojas. Estos datos coinciden con otro estudio realizado en la Zona de Valencia, donde se informa valores de intensidades de brotación y floración muy similares (38.9% de brotes y 52 flores/100 nudos) (Carratalá, 1994).



Foto N° . Frutos del tangor Ortanique (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.)

3 MATERIALES Y MÉTODOS.

El ensayo se realizó en un predio comercial en la zona de Kiyú, en el departamento de San José (34° 60' LS), en un cuadro de la variedad Ortanique (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.) en condiciones de riego localizado.

Este cuadro fue implantado en 1991 con una variedad de naranja dulce (*Citrus sinensis*) sobre portainjerto trifolia (*P. trifoliata* L. Obs.). En 1992 se le realizó un cambio de copa injertándole el híbrido Ortanique. El marco de plantación es de 5.5 por 3m, con una densidad de 606 pl/ha.

Se marcaron en 25 árboles un total de 400 brotes (100 de cada tipo) con cintas de 4 colores diferentes numeradas, con el fin de realizarles un seguimiento individual a cada brote en las sucesivas visitas. Los tipos de brotes marcados fueron: terminales (con una sola flor y hojas jóvenes), mixtos (con más de una flor y hojas jóvenes), inflorescencias (más de una flor y sin hojas) y solitarios (una sola flor y sin hojas) (Foto 2).

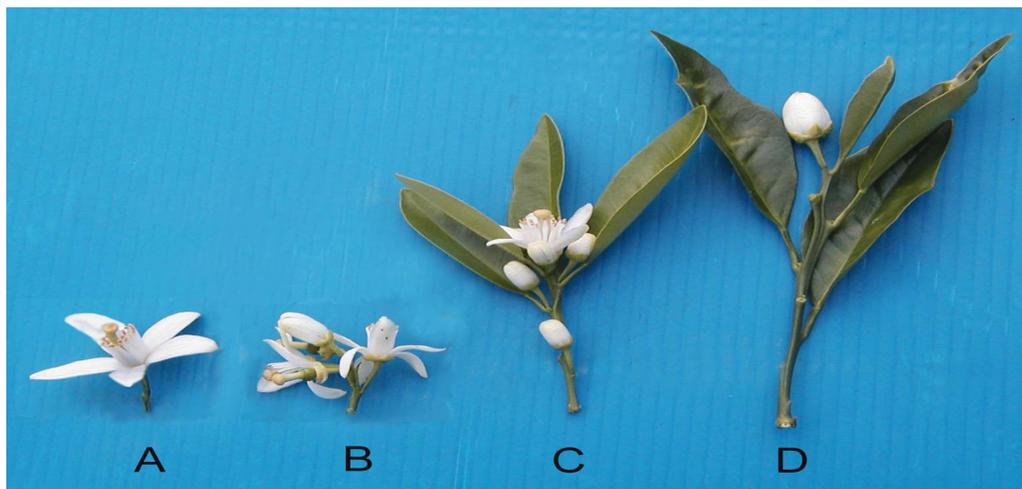


Foto N° . Diferentes tipos de brotes florales en el Tangor Ortanique:

A: Solitario, **B:** Inflorescencia, **C:** Mixto, **D:** Terminal.

Las plantas utilizadas presentaron un floración promedio de 20 flores cada 100 nudos (Benzano, 2003). De acuerdo a lo reportado con Guardiola (1992), se las clasificó en dos niveles de floración: de menos de 20 flores como de baja floración y de 20 a 56 flores cada 100 nudos como de floración media. Los árboles de floración baja presentaron un promedio de 10.8 flores cada 100 nudos y de 39.5 flores cada 100 nudos los de media floración.

En una primera instancia se registró el número de hojas y/o de flores de cada brote, y en las visitas siguientes se fue constatando la evolución del número de estructuras reproductivas en dichos brotes. A partir de que los frutitos alcanzaron un tamaño aproximado de 5 mm (12 noviembre) se comenzó también a calibrarlos.

Se realizó un seguimiento por un período total de 10 meses, desde plena flor a cosecha. Los cuales se realizaron en un primer momento, con una frecuencia de 15 días aproximadamente, desde plena flor (15 de octubre) hasta fin de caída fisiológica (15 de enero). Luego de finalizada la caída fisiológica se siguió con la calibración con una frecuencia aproximada de 20 días hasta la cosecha (11 de agosto).

El diseño del experimento fue completamente al azar. Las variables de conteo se analizaron con modelos lineales generalizados y para las variables continuas se utilizaron modelos lineales generales (ANOVA). Los datos fueron procesados en el programa SAS (1997). Se evaluó el cuajado según tipo de brote, se separaron los brotes terminales y mixtos de acuerdo al número de hojas con el fin de evaluar si el número de hojas incide en el cuajado final, se realizó el mismo procedimiento en los brotes con más de una flor, separando los brotes en rangos de flores/brote. Se evaluó el cuajado final en los diferentes tipos de brotes según intensidad de floración. También se estudió la incidencia de los parámetros nombrados anteriormente en el tamaño final que alcanzó el fruto.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DINÁMICA DE ABSCISIÓN

4.1.1 General

La abscisión de órganos reproductivos comenzó luego de la antesis (15 octubre) y finalizó a los 92 días post-floración (DPF) (15 enero), presentándose dos picos de abscisión (Figura 1), el primero ocurrió dentro de los 15 DPF y fue de menor magnitud que el segundo que se dio entre los 29 y 69 DPF aproximadamente. Coincidiendo con lo reportado por Ruiz *et al.* (2001) quienes reportan que existen dos picos de abscisión, los cuales difieren en las características de las flores y/o los frutitos caídos y en las concentraciones de carbohidratos presentes en la parte aérea del árbol. En el primer pico, el suministro de carbohidratos proviene de las reservas, la cual disminuye a un mínimo a los 20 DPF aproximadamente, y en el segundo pico de abscisión (entre los días 30-92) el suministro de carbohidratos proviene principalmente de la fotosíntesis de las hojas jóvenes presentes en el árbol.

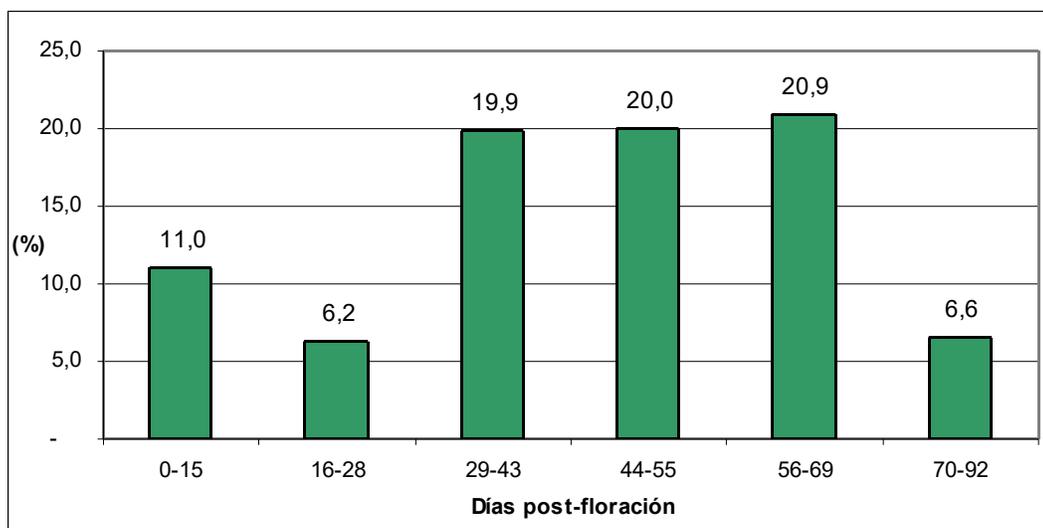


Figura N° . Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas. Valores expresados como porcentaje del total de flores inicialmente formadas.

Este segundo pico de caída se conoce como caída fisiológica, el final de la cual coincide con una disminución en el contenido de carbohidratos totales en

hojas, lo que pone en evidencia la importancia de la competencia por asimilados durante ese período (Sanz *et al.*, 1987).

Este comportamiento fue similar al encontrado en la variedad "Clementina de Nules" en las condiciones de Uruguay con una floración media (76-99 flores/nudos), registrándose dos picos de abscisión, el primero ocurrió enseguida de plena flor (principios de octubre), y el segundo a mediados de diciembre (Arias *et al.* 1996 b).

4.1.2 Abscisión por tipo de brote

Hasta los 43 DPF los brotes que presentaron un mayor porcentaje de abscisión fueron los solitarios e inflorescencias, frente a los terminales y mixtos (Figura 2). Estos resultados concuerdan con lo informado por Ruíz *et al.* (2001) quienes reportan que dentro de los 30 DPF caen principalmente las flores y frutitos pertenecientes a brotes sin hojas. Estas flores son más pequeñas en tamaño que las flores de las inflorescencias con hojas (Guardiola *et al.*, 1984; Yamanishi, 1996), existiendo una relación inversa entre el tamaño del ovario en desarrollo y su probabilidad de abscisionar (Zucconi *et al.*, 1978). Una baja fuerza de fosa en lugar de una limitación en suministro parece ser la causa de esta abscisión, ya que las reservas de carbohidratos en este momento es máxima (Ruiz *et al.*, 2001).

Por otra parte, Erner *et al.* (2000) reportan que las concentraciones de ABA son más altas en frutitos producidos en brotes sin hojas que en aquellos de brotes con hojas a los 7 días después de antesis, y permanece alto hasta el fin del período de abscisión, relacionando este hecho a la falta de transporte de agua a estos frutitos.

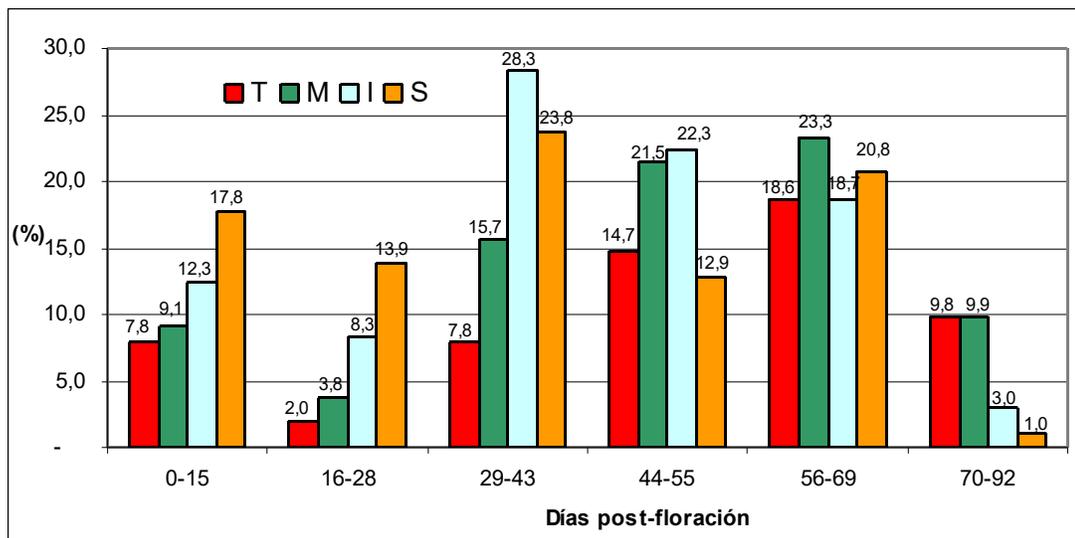


Figura N° . Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas en brotes terminales (T), mixtos (M), inflorescencias (I), solitarios (S). Valores expresados como porcentaje del total de flores inicialmente formadas.

En los brotes con hojas, se registró un segundo pico de caída más tardío que en los brotes sin hojas (Figura 2), lo que puede explicarse por el hecho de que estos brotes con hojas son los últimos en desarrollarse y aparecer por lo que son favorecidos por las temperaturas más altas y por una menor competencia inicial, persistiendo por más tiempo y alcanzando un cuajado final mayor (Lovatt *et al.*, 1984).

4.1.2.1 Curvas de abscisión

Las curvas de abscisión de los brotes terminales, inflorescencias y solitarios se ajustaron al modelo cuadrático, y los brotes mixtos a un modelo lineal (Figura 3). Las curvas de los brotes terminales y mixtos, presentaron diferencias significativas entre ellas y entre los demás brotes. En cambio, las curvas de inflorescencias y solitarias no mostraron diferencias significativas entre ellas.

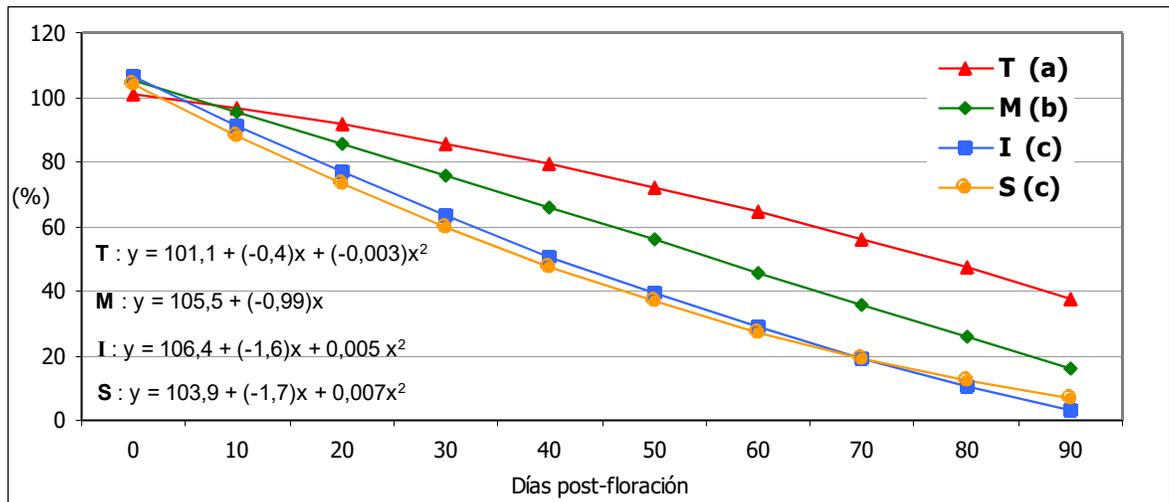


Figura N° . Curvas de abscisión de los diferentes tipos de brotes. Letras diferentes indican diferencias significativas entre pendientes de cada curva. ($p \leq 0.05$)

4.1.3 Abscisión según intensidad de floración

En las dos situaciones de floración se dieron dos picos de caída de frutos (Figura 4). El primero se dio dentro de los 15 DPF y el segundo fue en los dos casos mayor que el primero y se dio antes en condiciones de mayor floración (entre los 29 y 43 DPF) que a menor intensidad de floración (entre 56 y 69 DPF). Esto está explicado por el hecho de que en floraciones mas altas se da un incremento en la tasa de abscisión de estructuras reproductivas inmediatamente después de la antesis (Agustí *et al.*, 1982, Arias *et al.*, 1996b, Gravina *et al.* 1998) como resultado de la mayor competencia existente entre estructuras reproductivas como también de la menor calidad de las flores, como ser flores de menor tamaño y/o mal formadas (Guardiola *et al.*, 1984).

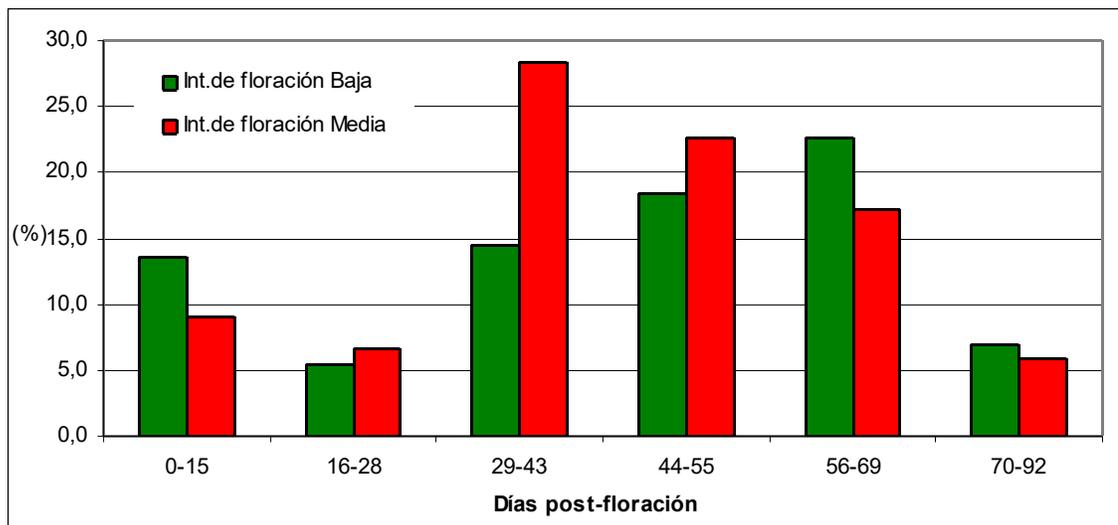


Figura N° . Evolución de la abscisión de estructuras reproductivas en diferentes intensidades de floración. Valores expresados como porcentaje del total de flores formadas.

4.2 CUAJADO

4.2.1 Cuajado Promedio

A mediados de enero (92 DPF) se detuvo la abscisión de estructuras reproductivas, alcanzándose un cuajado final de 15.3%.

4.2.2 Cuajado por tipo de brote

Desde el inicio del desarrollo fruto, la presencia de hojas es un factor muy importante en el proceso de cuajado (Anexo 1). Al respecto, Lovatt *et al.* (1984) informan que a partir de pétalo caído la relación hoja/flor de los brotes comienza a tener una considerable influencia en la tasa de crecimiento del ovario, originando frutos con un crecimiento más rápido, aumentando de esta manera su posibilidad de cuajar.

El porcentaje de cuajado se vio afectado por el tipo de brote en que se desarrolla la flor, resultando en un valor de 39.2% en los brotes terminales los cuales presentaron diferencias significativas con los demás brotes. Los brotes mixtos presentaron un cuajado de 16.8% resultando también significativamente diferente al resto de los brotes. En cambio en los brotes solitarios e

inflorescencias se registró un porcentaje de cuajado de 9.9 y 7.2 respectivamente, los cuales no difirieron estadísticamente entre ellos (Figura 5). Esta diferencia en la retención de los frutitos entre tipos de brotes se estableció ya a los 43 DPF definiéndose a partir de este momento un perfil de cuajado similar al cuajado final (Anexo 2).

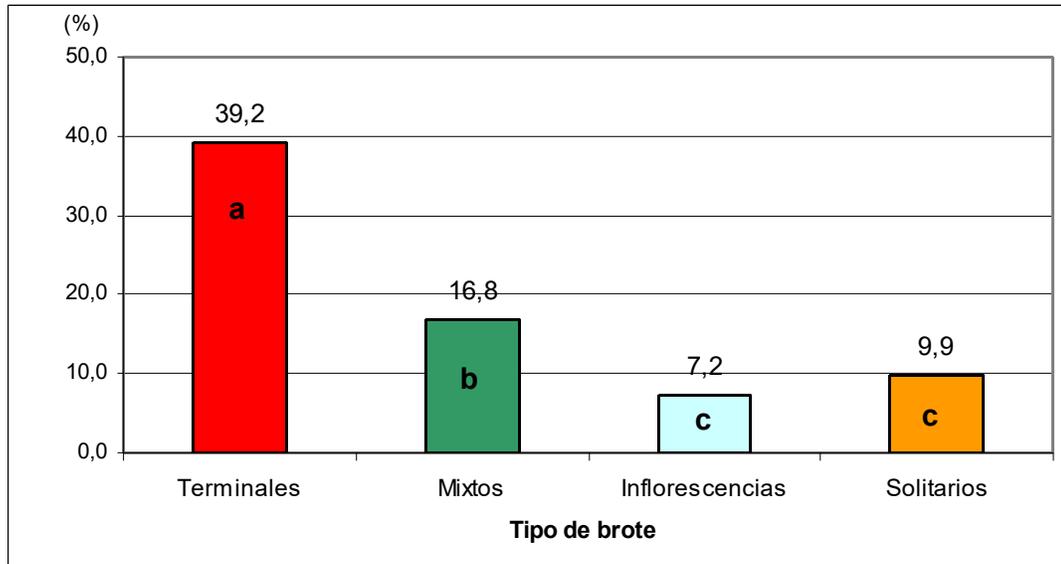


Figura N° . Cuajado final alcanzado en brotes terminales, mixtos, inflorescencias y solitarios. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$).

Estas diferencias en el cuajado están explicadas principalmente por la presencia de hojas, ya que éstas contribuyen al desarrollo del fruto, demostrándose en numerosos experimentos que el cuajado es mayor en los brotes que crecen en inflorescencias con hojas (Moss *et al.*, 1972; Jahn, 1973; Guardiola *et al.*, 1984; García-Papi *et al.*, 1984, Lovatt *et al.*, 1984; Agustí y Almela, 1991; Yamanishi, 1996; Ruiz *et al.*, 2001; Erner *et al.*, 2000; Gravina *et al.*, 2000; Arias *et al.*, 2000).

Los frutos originados de brotes sin hojas reciben los asimilados de hojas viejas, las cuales presentan una menor capacidad fotosintética que las hojas jóvenes (Moss *et al.*, 1972). Esta mayor eficiencia en la síntesis y exportación de metabolitos al fruto en desarrollo de las hojas jóvenes (Agustí y Almela, 1991), origina ovarios de mayor desarrollo y por lo tanto con un mayor poder de fosa (Guardiola, 1984; Yamanishi, 1996), debido en parte a un mayor contenido de

giberelinas (Hofman, 1990; Agustí y Almela, 1991) y citoquininas (Agustí y Almela, 1991) dando como resultado un cuajado final mas alto.

La cercanía de la fuente de fotoasimilados requeridos para el consumo en la división celular se considera de importancia para explicar el mayor porcentaje de cuajado a favor de los brotes con hojas (Monselise y Goldschmidt, 1982; Primo-Millo, 1985).

Sin embargo, otros autores atribuyen el mayor cuajado de los frutos ubicados en brotes con hojas, al orden de aparición de las estructuras reproductivas, de manera que éstos son los últimos en aparecer (Lovatt et al., 1984; Jahn 1973; Richardson *et al.*, 1996;), dando como resultado un desarrollo de cáliz, corola y ovario más rápido favorecido por las temperaturas más altas y por una competencia inicial menor, persistiendo por mayor tiempo y contribuyendo con un mayor porcentaje de fruto en la cosecha (Lovatt et al., 1984).

El menor porcentaje de cuajado de los brotes sin hojas, puede ser debido también a los mayores contenidos de ABA encontrados en los frutos situados en brotes sin hojas (Erner *et al.*, 2000).

Según otros autores, este cuajado diferencial entre estos tipos de brotes puede estar explicado por aspectos morfológicos y anatómicos de tallos y pedúnculos. La mayor área de los sistemas vasculares de inflorescencias con hojas o inflorescencias con muchos frutos y sin hojas, aumenta la capacidad de transportar agua a los frutitos razón que explica la mayor persistencia de frutitos en ese tipo de brotes (Erner *et al.*, 2000).

4.2.3 Relación número de flores por brote - cuajado

Los brotes mixtos con mayor número de flores por brote presentaron hasta los 28 DPF un porcentaje de cuajado significativamente mayor que los de menor número de flores. Desde los 43 DPF y hasta el final de la caída fisiológica estas diferencias desaparecen (Figura 6). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores, que llegaron a un resultado

similar proponiendo que el número de flores iniciales en brotes mixtos no tiene incidencia en el cuajado final (Jahn, 1973; Erner *et al.*, 2000).

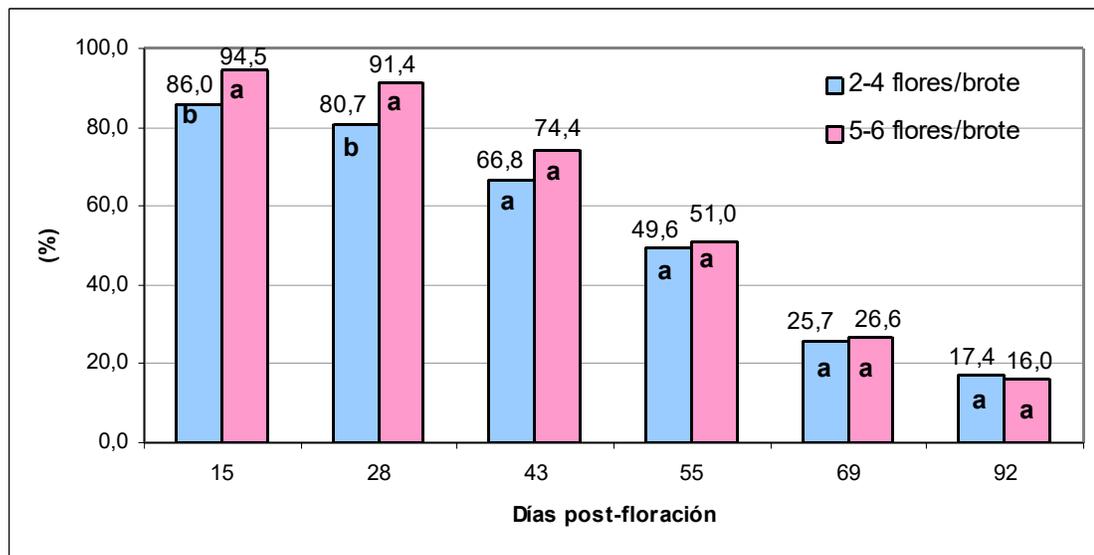


Figura N° . Evolución del porcentaje de cuajado de frutos en brotes MIXTOS según diferente número de flores/brote. Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

Las inflorescencias con mayor número de flores por brote presentaron desde los 28 y hasta los 92 DPF un cuajado significativamente mayor que los brotes con menos flores por brote (Figura 7).

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Erner *et al.* (2000), quienes informan que las inflorescencias que presentan un mayor número de flores por brote presentan un cuajado final mayor. Estos autores explican este comportamiento por un mayor sistema vascular, sugiriendo que el transporte de agua en los dos primeros meses después de la anthesis es el factor más importante para el cuajado del fruto.

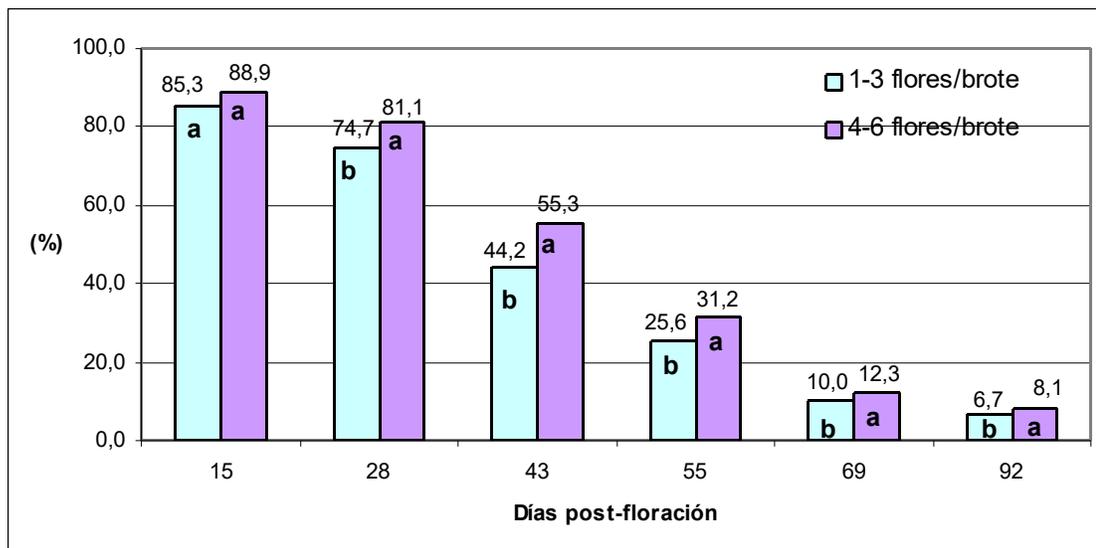


Figura N° . Evolución del porcentaje de retención de frutitos en INFLORESCENCIAS según diferentes número de flores/brote. Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

En este trabajo también se encontró que tanto los brotes mixtos como las inflorescencias, que cuentan con un mayor número de flores por brote, presentan un mayor aporte de frutos a la cosecha (Cuadro 1). Esto se puede explicar por la mayor fuerza de fosa que presentan en un primer momento los brotes con un mayor número de estructuras, y que luego cuando estos frutitos comienzan a demandar una mayor cantidad de asimilados se genera una mayor competencia dentro del brote, donde la mayoría de estos caen y al menos uno prevalece hasta la cosecha.

Cuadro N° . Porcentaje de cuajado de mixtos e inflorescencias con diferente n° de flores/brote, en base a n° total de flores por brote y n° total de brotes que en la antesis presentaban flores.

Tipo de Brote	N° de flores/brote	% de cuajado (base flor)	% de cuajado. (base brote)
Mixtos	2 a 4 fl/br *	17,4 a	46,4 b
	5 a 6 fl/br *	16,0 a	61,9 a
Inflorescencias	1 a 3 fl/br	6,7 b	10,0 b
	4 a 6 fl/br	8,1 a	33,3 a

* Mixtos con un promedio de 5 hojas por brote.

Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada columna y dentro de un mismo tipo de brote ($p \leq 0.10$).

En los brotes mixtos y para los dos rangos de flores por brote el aporte a cosecha fue mayor que el de las inflorescencias, esto puede estar explicado por el mayor aporte de asimilados de las hojas jóvenes frente a las hojas viejas que son las que nutren a los frutos sin hojas (Moss *et al.*, 1972).

4.2.4 Relación número de hojas por brote - cuajado

No se encontraron diferencias en el porcentaje de cuajado entre los brotes mixtos con diferente número de hojas por brote (Figura 8).

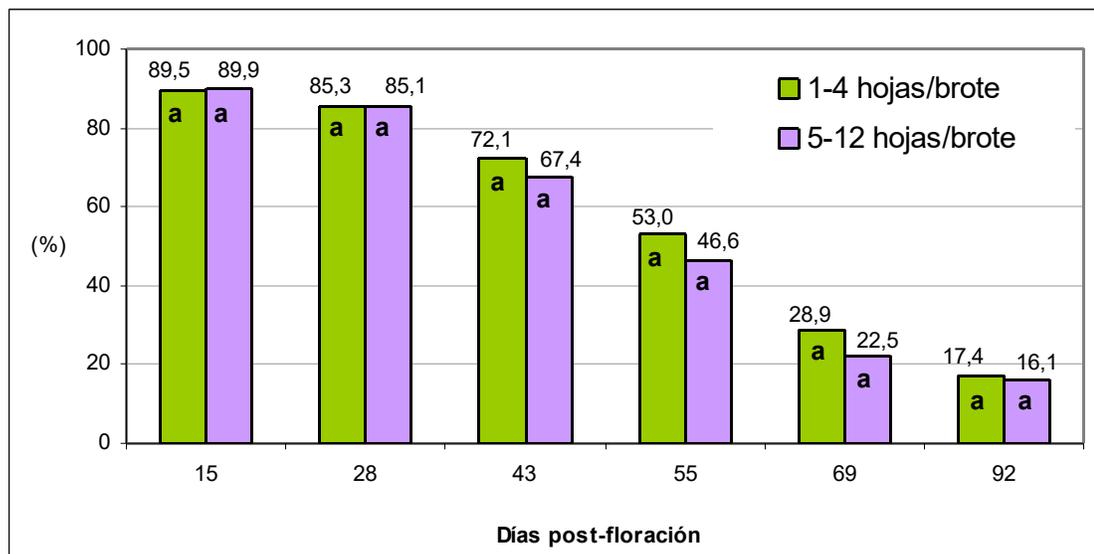


Figura N° . Influencia del número de hoja/brote en el porcentaje de cuajado en brotes MIXTOS en diferentes fechas post-floración. Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

En cambio, en los brotes terminales, se encontró que en los brotes con mayor número de hojas el cuajado aumenta. Estas diferencias son significativas y se comienzan a dar en etapas tempranas, manteniéndose hasta el final de la caída fisiológica (Figura 9). Se encontraron similares resultados separando los brotes según intensidad de floración (Anexo 3)

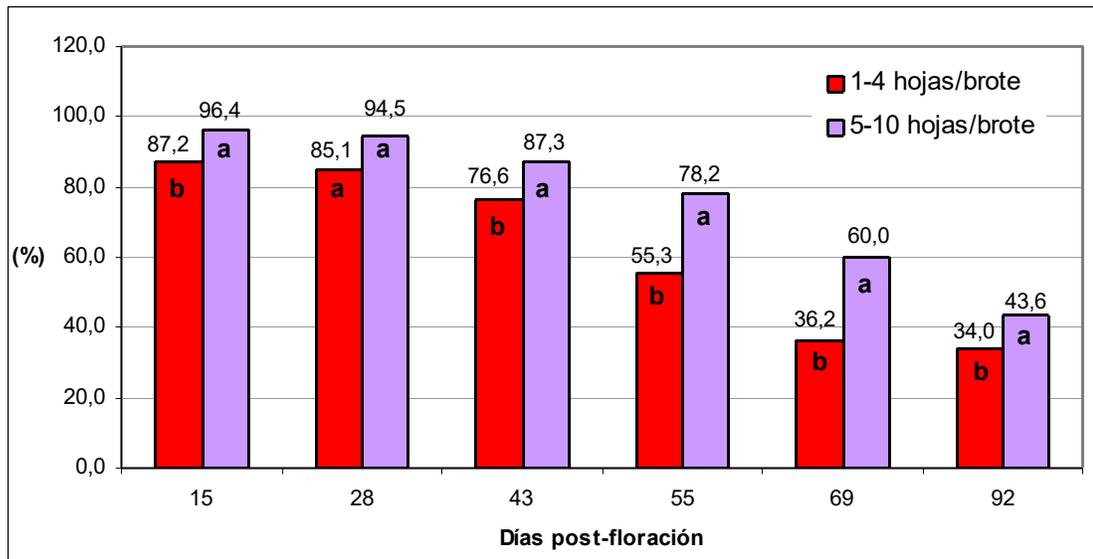


Figura N° . Influencia del número de hojas en el porcentaje de cuajado en brotes TERMINALES en diferentes fechas post-floración. Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

Estas diferencias que se mencionaron anteriormente encontradas entre brotes mixtos y terminales llevaron al estudio de la relación fuente/fosa, en los brotes mixtos, ya que la Figura 9 también representa dicha relación en los brotes terminales por presentar una única flor por brote. En este tipo de brote se encontró también se encontró una tendencia a cuajar un mayor porcentaje de frutitos en los brotes que presentan una mayor relación fuente/fosa, no resultando estas diferencias en un valor significativo (Figura 10).

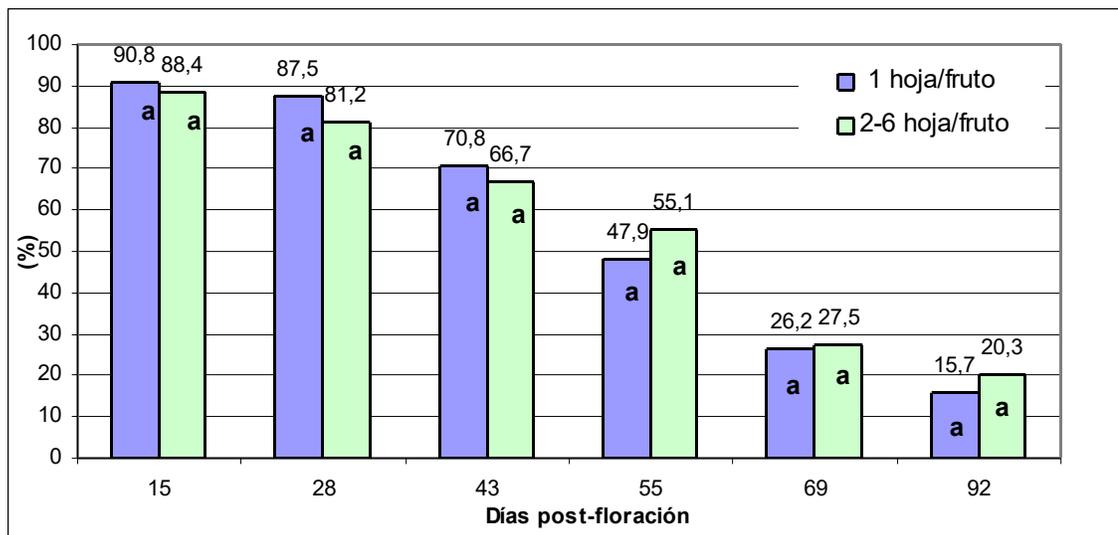


Figura N° . Evolución del porcentaje de frutos cuajados según relación fuente/fosa de brotes MIXTOS. Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

Estos resultados pueden explicarse por un aumento en el aporte de asimilados hacia los frutos en desarrollo a medida que se incrementa el número de hojas en los brotes (Agustí y Almela, 1991). También puede estar debido al tiempo en que aparecen estos tipos de brotes, ya que es más probable que los brotes foliados que aparecen más tarde tengan un mayor número de hojas que los que aparecen más temprano (Jahn, 1973), los que se presentan una mayor chance de cuajar, debido a las mejores condiciones ambientales y a la menor competencia entre estructuras reproductivas por asimilados (Lovatt *et al.*, 1984). Por lo que el incremento de la tasa de cuajado parece relacionarse con el retraso de la brotación y/o con la presencia de hojas, sin que quede totalmente establecido, si en realidad es un efecto combinado de ambos factores o depende exclusivamente o en mayor medida de uno o de otro.

Otra posible explicación puede estar dada por la mayor y más desarrollada área vascular en los brotes a medida que aumenta el número de hojas, promoviendo un mayor transporte de agua al frutito, el cual es el factor principal que controla el cuajado del fruto (Erner *et al.* 2000).

El aporte a cosecha por los brotes mixtos no se ve afectado por el número de hojas que presenta el brote (Cuadro 2), éstos presentaron para los

dos casos 4 flores/brote. El número de flores por brote es el factor que incide en el mayor aporte a cosecha de este tipo de brote y no el número de hojas cuya importancia se hace notable en los brotes terminales.

Cuadro N° . Porcentaje de cuajado de mixtos terminales con diferente n° de hojas/brote, en base a n° total de flores por brote y n° total de brotes que en la antesis presentaban flores.

Tipo de Brote	N° de hojas/brote	% de cuajado (base flor)	% de cuajado (base brote)
Mixtos			
	1 a 4 hoj/br *	17,4 a	52,7 a
	5 a 12 hoj/br *	10,1 a	53,5 a
Terminales			
	1 a 4 hoj/br	34,0 b	34,0 b
	5 a 10 hoj/br	43,6 a	43,6 a

* Mixtos con un promedio de 4 flores por brote.

Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada columna y dentro de un mismo tipo de brote ($p \leq 0.10$).

4.2.5 Relación tamaño del fruto - cuajado

Los frutitos de mayor tamaño tienen mayores posibilidades de permanecer en el árbol y continuar su crecimiento (Agustí, 1982).

La reducción inicial en número de frutitos fue como resultado de la abscisión por la zona del pedúnculo el cual presenta primero un amarillamiento en contraste con una coloración verde oscura de los frutos que continuarán su crecimiento. La abscisión tardía ocurrió por la zona del cáliz. Los dos picos de abscisión que ocurrió primero por la zona del pedúnculo y luego por el cáliz se solapan en el tiempo, ya que la antesis de los brotes con hojas comienzan de 7 a 15 días después de los brotes sin hojas (Jahn, 1973; Lovatt *et al.*, 1984; Ruíz *et al.*, 2001).

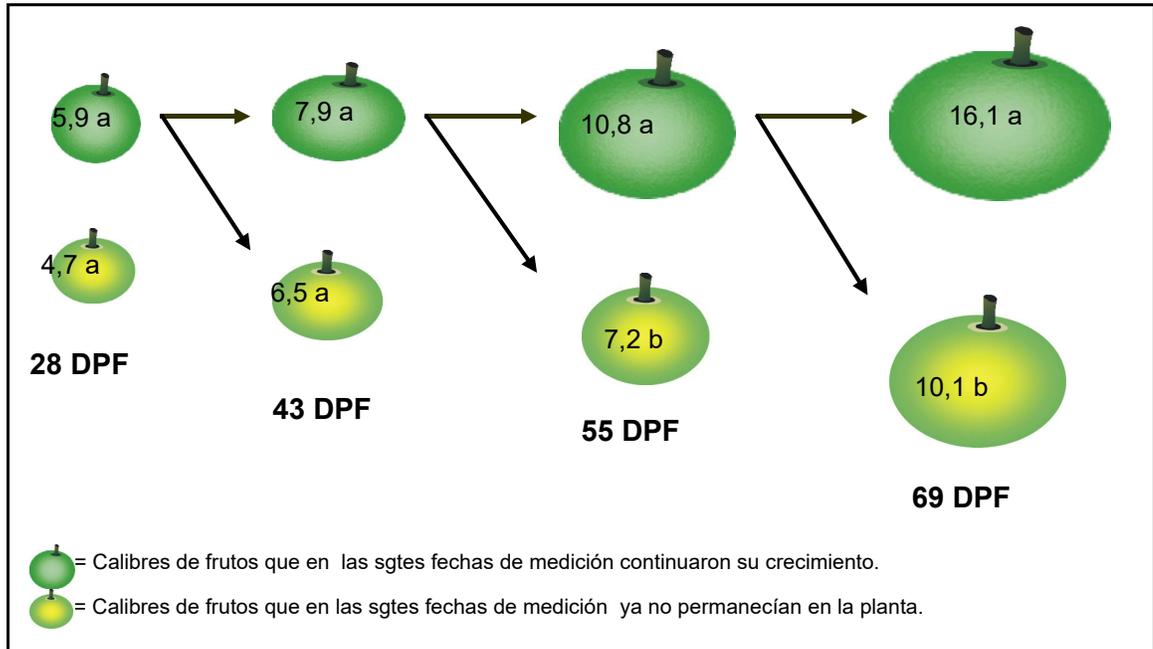


Figura N° . Esquema de la evolución del calibre de los frutos que continuaron con su crecimiento y de los frutos que en la siguiente fecha post-floración ya no permanecían en la planta. Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

Como se observa en la Figura 11, los frutitos que a los 28 DPF presentaron un calibre promedio de 4,7 mm, en la siguiente fecha de medición (43 DPF), ya no permanecían en el árbol, en cambio, si lo estaban los que alcanzaron un calibre promedio superior (5,9 mm). Estas diferencias en calibres se hicieron mayores en las siguientes fechas post-floración, comenzando a ser significativas a partir de los 55 DPF. Estos resultados coinciden con los reportados por Zucconi *et al.* (1978), donde informan que al inicio todos los frutos presentan similares tasa de crecimiento y luego los frutos que van cayendo presentan una progresiva reducción de su crecimiento una o dos semanas antes de su abscisión.

Durante todo el período post-floración, las concentraciones de almidón y de azúcar en la cáscara son más altas en los frutitos grandes que en los pequeños (Ruiz *et al.*, 2001). Lo que pone evidencia una mayor fuerza de fosa de parte de los frutitos de mayor tamaño, los que tienen mayores posibilidades de permanecer en el árbol y continuar con su crecimiento. Estos autores

también informan que al final de la caída fisiológica, la concentración de sacarosa es significativamente más alta, en las hojas de inflorescencias con frutitos grandes (3.4%) que en las de frutitos pequeños (2.5%), la cual es de gran importancia para el cuajado y crecimiento del fruto.

La abscisión de frutos no es al azar, ya que parece existir un umbral en el tamaño del fruto el cual luego de superado el fruto no cae (Agustí, 1987), con lo que queda confirmada la teoría de que existe una relación inversa entre el tamaño del ovario en desarrollo y su probabilidad de abscisionar (Zucconi *et al.*, 1978).

4.2.6 Relación floración - cuajado final

El porcentaje de cuajado final estuvo inversamente relacionado con la intensidad de floración, con un máximo de 17,6% en condiciones de baja floración y con un 9% en floraciones medias, este comportamiento se corresponde con los reportados por Agustí *et al.*(1982), Gravina *et al.*(1992) y Severino *et al.*(2001) (Cuadro 3). Según estos resultados y teniendo en cuenta lo informado por Guardiola (1992), se puede decir que a pesar del menor cuajado encontrado en intensidades medias, que están dentro del rango de 20 a 70 flores/100 nudos, es más probable obtener una mayor cosecha (sin modificaciones significativas en el rendimiento dentro de este rango de floración), que con menos de 20 flores/100 nudos, donde el rendimiento comercial se verá seriamente disminuido aún cuando el cuajado sea relativamente alto.

Cuadro N° . **Porcentaje de cuajado de los diferentes tipos de brotes en intensidades de floración bajas y medias.**

Tipo de Brote	Porcentaje de cuajado	
	Floración Baja	Floración Media
Terminales	45,3 a (A)	28,6 a (B)
Mixtos	19,3 b (A)	12,4 b (B)
Inflorescencias	8,0 c (A)	6,0 c (A)
Solitarios	10,7 c (A)	2,5 c (B)
Promedio	17,6 (A)	9,0 (B)

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$). (a y b = diferencias entre tipos de brotes dentro de cada rango de intensidad de floración; A y B = diferencias entre igual tipo de brote ubicados en intensidades de floración diferentes).

No se encontró interacción entre las intensidades de floración estudiadas y el cuajado por tipo de brote, debido a que el orden en que se dan los porcentajes de cuajado en los tipos de brotes se mantiene constante para las dos situaciones de floración estudiadas, coincidiendo estos resultados con los encontrados por Severino *et al.* (2001) para la naranja 'Valencia'. El porcentaje de cuajado de cada tipo de brote fue influenciado por la intensidad de floración, en los cuales en todos los casos disminuyeron a mayor intensidad de floración. En cambio, en condiciones más favorables para el cuajado, donde existió una menor competencia entre estructuras reproductivas (baja floración), éste fue mayor. Estas diferencias en el cuajado en los tipos de brotes en cada intensidad de floración no son debidas a el número de flores y/o hojas en cada brotes ya que se encontró que cada tipo de brote presentó en las dos situaciones igual cantidad de estructuras (Anexo 4)

El efecto de la intensidad de floración sobre el porcentaje de cuajado refleja la capacidad de la planta para nutrir a los ovarios que han iniciado su desarrollo como frutos (Agustí *et al.*, 2003).

El tamaño de los ovarios en la antesis está inversamente correlacionado con el número de flores formadas, presentando además ovarios de menor peso seco a medida que se incrementa la densidad de floración (Guardiola *et al.*, 1984).

4.2.7 Aporte de los tipos de brotes a la cosecha

4.2.7.1 Según distribución de los tipos de brotes en floración

Los brotes mixtos llegaron a cosecha con 1.3 frutos/brote y las inflorescencias con 1.1 frutos/brotes (Anexo 5).

Los brotes con hojas aportan el 84% de los frutos en la cosecha y el resto (16%) es aportado por los brotes sin hojas. Separando estos resultados por tipo de brote, se concluye que los brotes mixtos estarían aportando un 60% del total de frutos cosechados, los brotes terminales un 25%, un 10% las inflorescencias y 6% los brotes solitarios (Figura N°12). Este mayor aporte de

los brotes mixtos se debe al mayor cuajado (en base a brotes) el cual fue significativamente mayor a los demás brotes (Anexo 6).

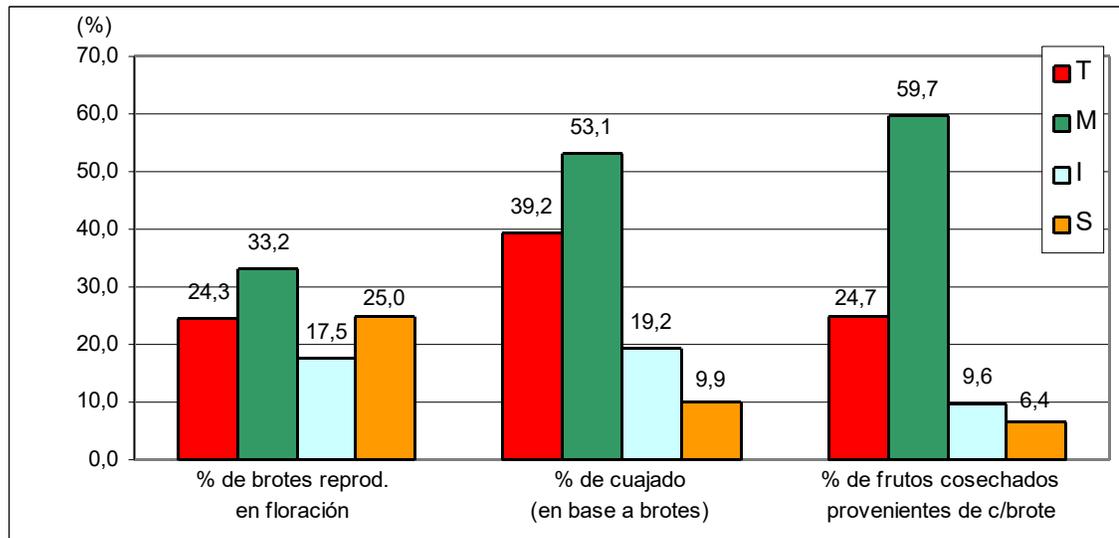


Figura N° . Estimación del aporte a cosecha de cada tipo de brote según número de frutos por brote, frecuencia de cada brote reproductivo en floración y porcentaje de cuajado.

En las dos intensidades de floración estudiadas, los brotes con hojas aportaron aproximadamente un 85% de los frutos en la cosecha. En floraciones medias aumenta el aporte a cosecha de frutos ubicados en brotes mixtos e inflorescencias (Cuadro 4).

Cuadro N° . Estimación del aporte a cosecha de cada tipo de brote según frecuencia de cada brote en floración y porcentaje de cuajado para las dos intensidades de floración.

Intensidad Floración	Tipo de Brote	% de brotes en floración	% de cuajado (base brotes)	% de frutos cosechados (*)
Baja				
	Terminales	29,8	45,3	29,5
	Mixtos	33,7	58,9	56,3
	Inflorescencias	13,1	23,4	8,7
	Solitarios	23,5	10,7	5,5
Media				
	Terminales	24,3	28,6	22,2
	Mixtos	36,7	42,1	64,2
	Inflorescencias	14,9	18,8	11,6
	Solitarios	24,1	2,5	1,9

(*) representa de cada 100 frutos que se cosechan que porcentaje proveniente de cada tipo de brote. Para este cálculo se tuvo en cuenta que los brotes multiflorales llegaron a cosecha con un promedio de 1.3 frutos/brote.

4.2.7.2 Según n° de flores y/o n° de hojas por brote.

El porcentaje de brotes que aportan a cosecha por lo menos un fruto aumenta a medida que se incrementa el número de estructuras dentro de cada tipo de brote (Cuadro 5). Estos resultados pueden explicarse por el mayor desarrollo del área vascular de los brotes a media que aumenta el número de estructura en el brote, promoviendo un mayor transporte de agua a los frutitos, el cual según Erner *et al.*, (2000) en es principal factor que controla el cuajado.

Como se ve en el Cuadro 5, en los brotes solitarios y las inflorescencias con menos de 4 flores por brote el cuajado (en base a brote) no presentó diferencias significativas. Las inflorescencias con 4 y más flores por brote aportaron en la cosecha un similar porcentaje de frutos que los brotes terminales con 1 a 4 hojas por brote. Los brotes mixtos con un mayor número de flores por brote son los que aportan un mayor número de frutos a la cosecha.

Cuadro N° . Porcentaje de brotes que cuajan algún fruto.

Tipo de Brote	% de cuajado (en base brote)
Mixtos (5 a 6 fl/br)*	61,9 a
Mixtos (2 a 4 fl/br)*	46,4 b
Terminales (5 a 10 hj/br)	43,6 b
Terminales (\leq 4 hj/br)	34,0 c
Inflorescencias. (4 a 6 fl/br)	33,3 c
Inflorescencias. (\leq 3 fl/br)	10,0 d
Solitarios (1 fl/br)	9,9 d

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$).

* Brotes mixtos con un promedio 5 hojas por brote.

4.3. CRECIMIENTO Y TAMAÑO FINAL DEL FRUTO

4.3.1 General

El crecimiento del fruto de los cítricos presenta tres fases bien diferenciadas (Bain, 1958). La fase I, abarca desde la antesis hasta el final de la caída fisiológica, en la cual el fruto presenta un crecimiento lento, caracterizado por el aumento del número de células de todos los tejidos en desarrollo, excepto del eje central (Bain, 1958, Holtzhausen, 1969, Agustí, 2003). Durante esta fase los frutos crecen por división celular y es donde se define el número de células del fruto y por lo tanto su tamaño potencial (Gravina, 1999).

La fase II transcurre desde del final de la caída fisiológica y hasta poco antes que el fruto cambie de color, donde el crecimiento es rápido, comenzándose a dar por alargamiento celular (Bain, 1958). En el comienzo de esta fase el calibre promedio de los frutitos era de aproximadamente 25,2 mm.

El período de maduración o fase III, se caracteriza por una reducida tasa de crecimiento y comprende todos los cambios asociados a la maduración (Holtzhausen, 1969; Gravina, 1999; Agustí, 2003). Al final de esta fase los frutos lograron en promedio un calibre de 61,6 mm.

4.3.2 Según tipo de brote.

El desarrollo del fruto siguió una curva sigmoideal desde la antesis hasta su maduración (Bain, 1958), la cual se ajustó al modelo logístico para los cuatro tipos de brotes (Figura 13).

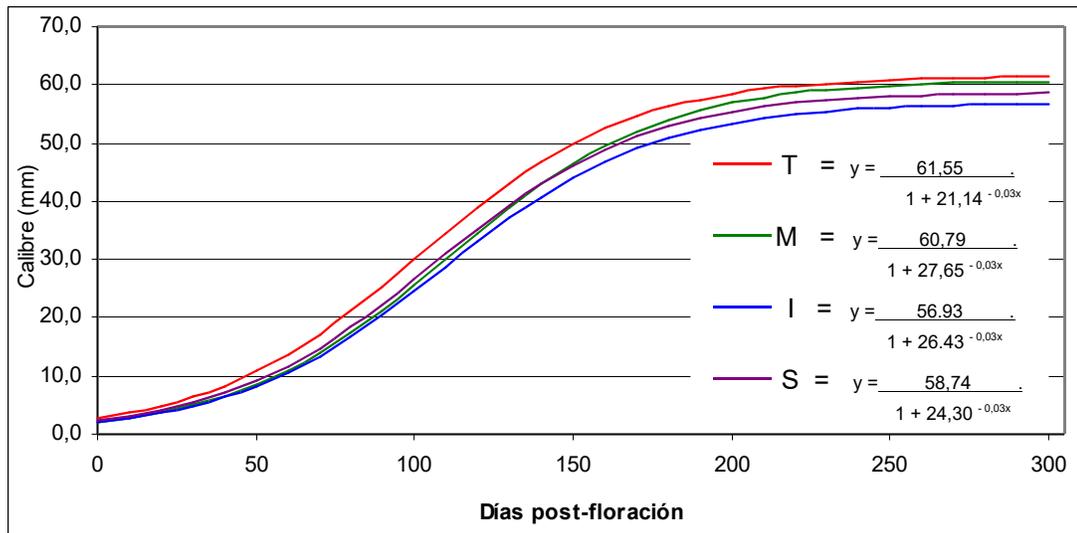


Figura N° . Curva de crecimiento de frutos presentes en los diferentes tipos de brotes en el tanger Ortanique.

El calibre final de los frutos ubicados en los brotes con hojas fueron mayores que los de los frutos de brotes sin hojas, no alcanzando estos valores diferencias significativas (Figura 14).

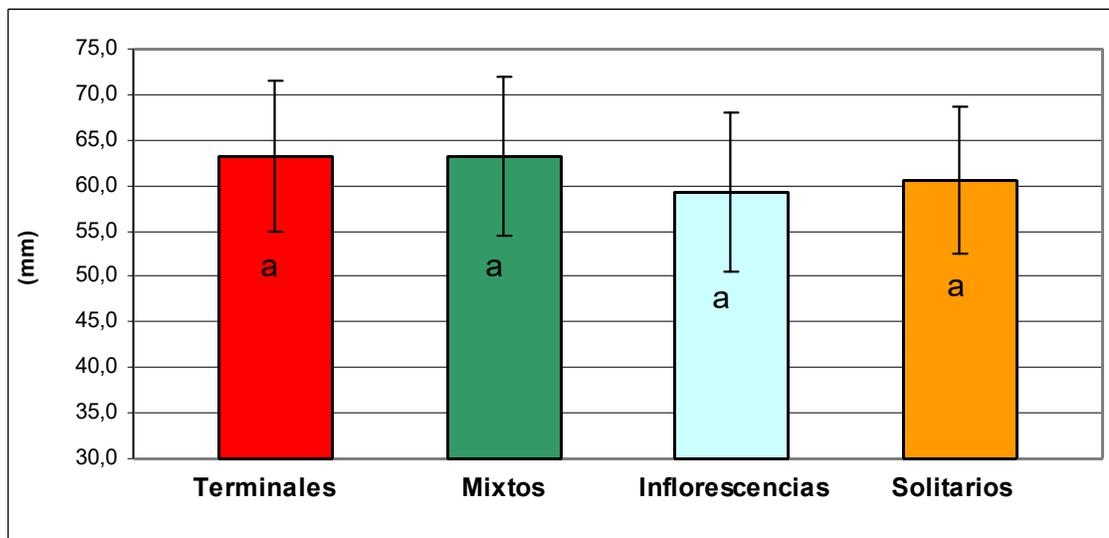


Figura N° . Calibre final alcanzado por los frutos en cada tipo de brote del tangor Ortanique. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$).

Solamente se registraron algunas diferencias significativas en el calibre de frutos de cada tipo de brote en las primeras etapas de crecimiento del fruto, resultando con un mayor calibre los frutos ubicados en brotes uniflorales (Anexo 7). Esto concuerda con lo informado por Agustí (1985), de que la competencia entre estructuras reproductivas afecta negativamente al crecimiento del fruto, pero una vez superada la caída fisiológica la competencia entre frutos en desarrollo tiene una influencia mínima sobre el tamaño del fruto.

Solamente se encontraron diferencias en los calibres agrupando los brotes en con y sin hojas. Las diferencias en calibre se comienzan a dar a partir de los 134 DPF (Figura 15). Lo que confirma lo que descrito por varios autores, que afirman que el tipo de inflorescencia en la que se forman las flores, es un factor principal que determina desde el cuajado de los frutos y hasta el tamaño final que logran, siendo en los dos casos mayor en las inflorescencias con hojas que en las sin hojas (Moss, 1970; Lovatt *et al.* 1984).

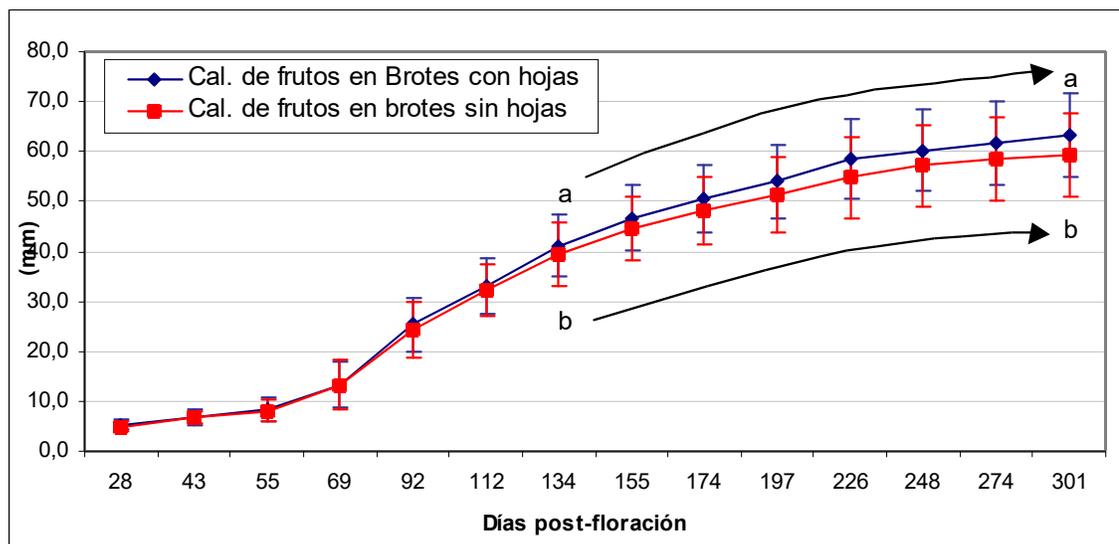


Figura N° . Evolución del calibre en brotes con y sin hojas. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$).

4.3.2.1 Tasa de crecimiento diario

La tasa de crecimiento de los frutos aumentó hasta los 92 DPF, luego comenzó a disminuir en forma ligera y constante hasta la maduración (Figura 16). Según algunos autores, la máxima tasa diaria de crecimiento se presenta a partir del inicio de la fase II y hasta los 30 días posteriores, con pequeñas variaciones entre cultivares y años (Gravina *et al.*, 1998; Ronca *et al.*, 1998).

En un primer momento el aumento de la tasa presentó un pequeño decrecimiento entre los 29 y 43 DPF momento que coincide con el pico máximo de caída de frutitos la que se corresponde con la máxima competencia entre frutos.

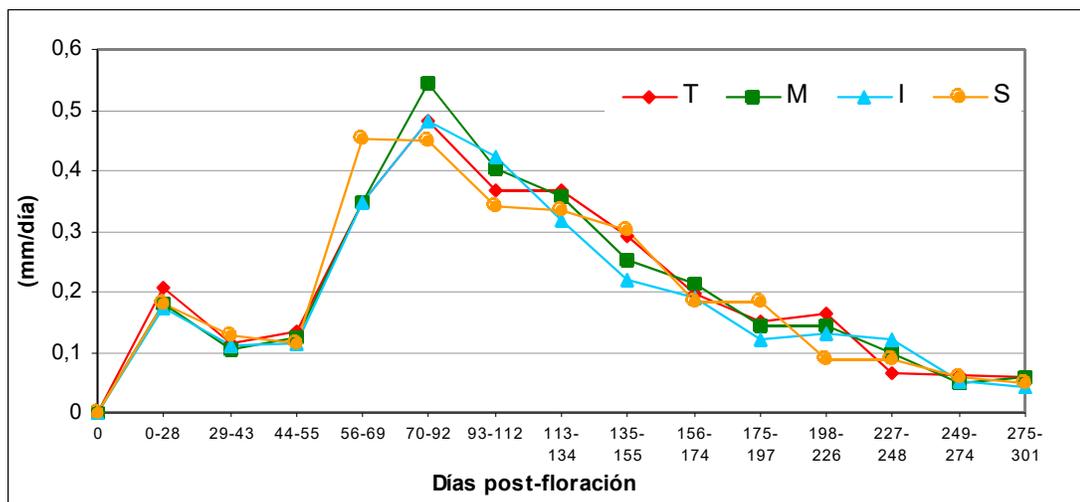


Figura N° . Tasa de crecimiento diario del calibre de los frutitos en los diferentes tipos de brotes.

4.3.2.2 Calibre según número de frutos por brote

Los brotes mixtos que llegaron a cosecha con 1 y 2 frutos/brote presentaron diferencias significativas en el calibre final con los provenientes de

brotos con 3 frutos/brote. Esto se dio en forma similar en inflorescencias con 1 y 2 frutos creciendo por brote (Cuadro 6).

Cuadro N° . **Relación entre el número de frutos por brote que llegó cosecha con el tamaño final alcanzado.**

Tipo de Brote	N° de frutos/brote que llegaron a cosecha	Tamaño final (mm)	CV (%)
Mixtos	1 fruto	63,27 a	11.06
	2 frutos	65,05 a	16.88
	3 frutos	52,07 b	9.95
Inflorescencias	1 fruto	60,58 a	12.84
	2 frutos	58,10 a	20.21

Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de un mismo tipo de brote ($p \leq 0.10$).

Se puede concluir que pueden crecer hasta 2 frutos por brote sin afectar el calibre final, en cambio cuando crecen 3 frutos en un mismo brote se da una mayor competencia entre frutos por asimilados resultando en un calibre significativamente menor.

4.3.2.3 Calibre según número de hojas por brote

A medida que los brotes presentan un mayor número de hojas el calibre final de los frutos tiende a disminuir (Figura 17). Durante la fase I de crecimiento los frutos crecen por división celular por lo que es en el momento en que se define el número de células del fruto y por lo tanto su tamaño potencial (Gravina, 1999). Esta tendencia a disminuir el calibre en presencia de un mayor número de hojas, puede ser explicada por la competencia inicial que se da en los comienzos de esta fase, entre las hojas en crecimiento y los frutitos por asimilados.

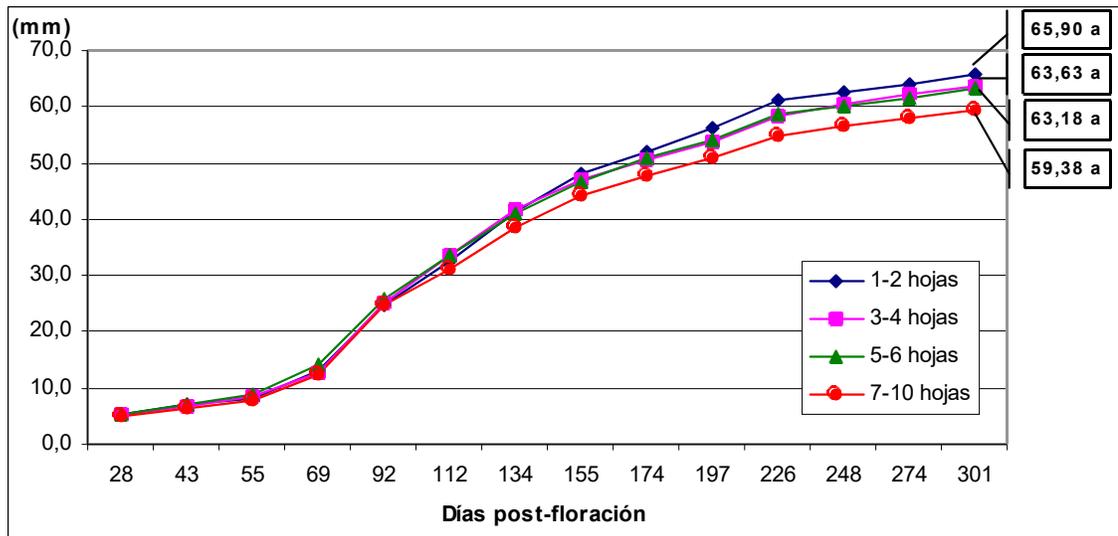


Figura N° . Calibre final del fruto en brotes con hojas (Terminales y Mixtos) según número de hojas. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$)

4.3.3 Relación floración - tamaño final del fruto

4.3.3.1 General

En intensidades de floración bajas el calibre final alcanzado por los frutos fue significativamente mayor al logrado en floraciones medias, estas diferencias en calibre comenzaron a ser significativas a partir de los 134 DPF (Fase II) (Figura 18). Guardiola *et al.* (1984), señalan que un incremento en el número de flores resulta en una reducción del peso en la antesis y de la tasa de crecimiento inicial. Las diferencias en tamaño final de fruta resultan de diferencias en la tasa de crecimiento, la cual está determinada por la capacidad de fosa del fruto y el aporte de metabolitos por la planta, el cual depende de la disponibilidad existente y la competencia entre órganos en desarrollo.

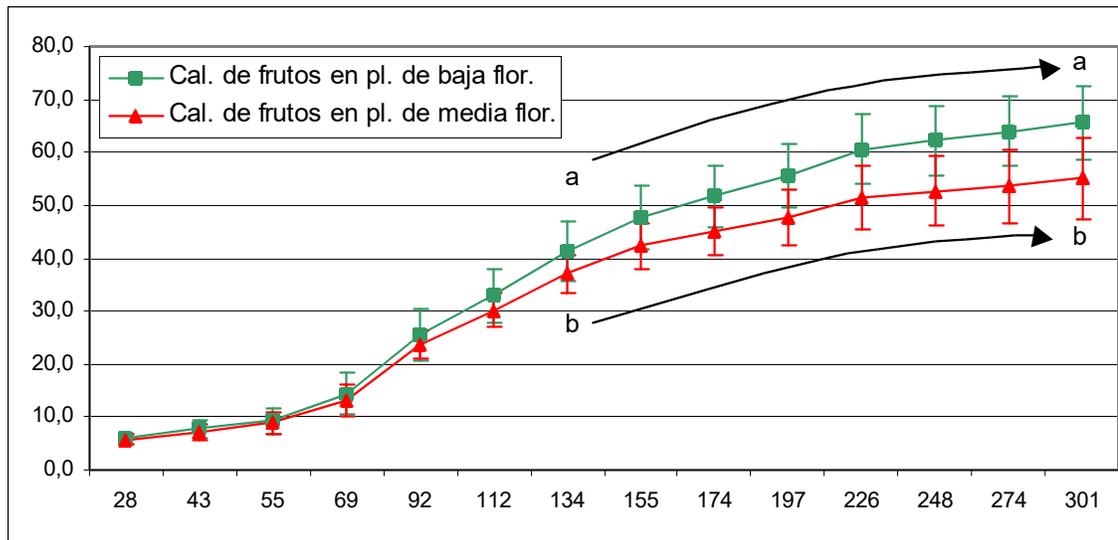


Figura N° . Relación entre el calibre final alcanzado y la intensidad de floración. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$).

4.3.3.2 Por tipo de brote

No se registraron diferencias estadísticas entre los calibres de los frutos pertenecientes a cada tipo de brote en ninguna de las dos intensidades de floración estudiadas. En cambio, si se diferenciaron los calibres de un mismo brote en cada intensidad de floración (Cuadro 7). En este caso se puede concluir que el número de flores por árbol se presenta como un factor más importante que el tipo de brote, en la determinación del calibre del fruto. Estos resultados están de acuerdo con lo informado por Agustí *et al.* (1995), quienes señalan que el número de flores producidas por un árbol tiene gran influencia en el tamaño del fruto, encontrándose muchas veces, correlaciones más estrechas que entre el número de frutos y el tamaño de éstos.

Cuanto menor es la densidad de floración mayor es el peso de las flores al momento de la floración (Guardiola, *et al.*, 1984). Su contenido en azúcares y en algunos minerales se ve incrementado (Agustí *et al.*, 1982) y se produce una aceleración del desarrollo de los ovarios en la post-antesis, efecto que perdura hasta la recolección (Agustí y Almela, 1991).

Cuadro N° . Calibre final de frutos ubicados en diferentes tipos de brote pertenecientes a árboles con intensidades de floración baja y media.

Tipo de Brote	Floración Baja		Floración Media	
	Calibre (mm)	CV(%)	Calibre (mm)	CV(%)
Terminales	65,7 a (A)	9,48	55,1 a (B)	7,16
Mixtos	65,2 a (A)	7,42	59,4 a (B)	7,06
Inflorescencias	63,2 a (A)	10,25	56,1 a (B)	5,48
Solitarios	65,1 a (A)	9,74	54,8 a (B)	6,12
Promedio	65,1 (A)	11,88	57,5 (B)	15,11

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$). (a y b = diferencias entre tipos de brotes dentro de cada rango de intensidad de floración; A y B = diferencias entre igual tipo de brote ubicados en intensidades de floración diferentes).

4.3.4 Relación entre calibre del pedúnculo - tamaño final de fruto

Se ha encontrado que el calibre final del fruto y el calibre del pedúnculo están positivamente correlacionados ($r = 0.49$) (Figura 19).

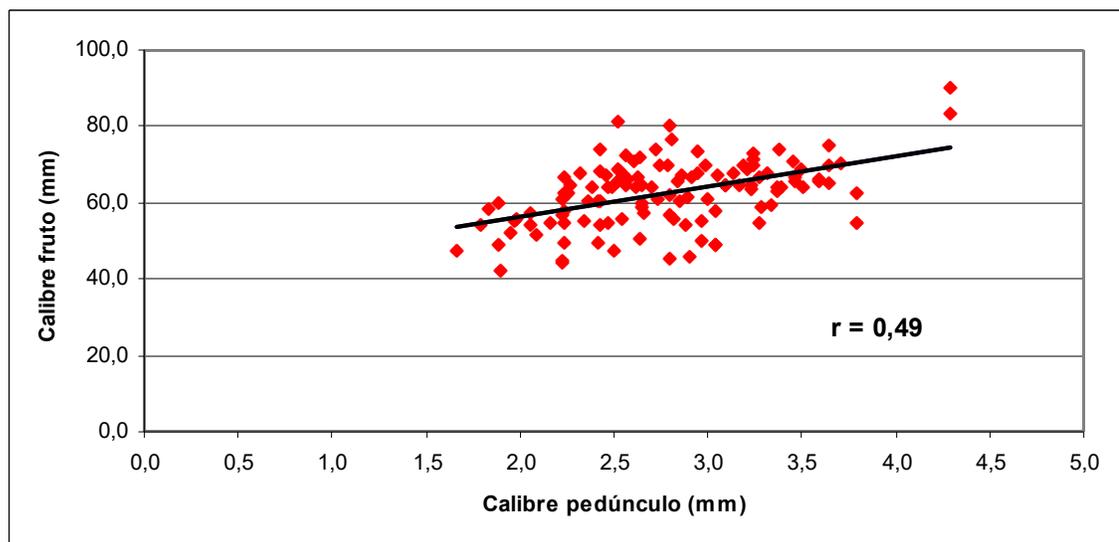


Figura N° . Relación entre el calibre final del fruto y el calibre de pedúnculo.

Este resultado concuerda con lo reportado por Bustan *et al.*, (1995), quienes encontraron una correlación positiva entre el tamaño del fruto y el área seccional del pedicelo, donde la presencia de frutos parece determinar el modelo de desarrollo de los tejidos vasculares dentro de los brotes donde se

ubican, lo cual hace pensar en una posible dependencia de tasa de crecimiento de fruto en la capacidad de desarrollo de la ruta vascular a ese fruto. El pedicelo normalmente termina su crecimiento diametral antes de que el fruto comience la fase lineal de crecimiento, lo que indica que el área de conexión vascular tiene una alta prioridad en las fases tempranas del desarrollo del fruto, mientras la demanda de fotosintatos es todavía relativamente baja. Por su parte, García-Luis *et al.* (2002), también encontraron que la formación temprana de floema y de xilema está directamente relacionada con el tamaño del frutito y su tasa de crecimiento. Pero reportan que las diferencias en la tasa de formación del tejido de conducción en el pedicelo de los frutitos en desarrollo, sigue mas que precede las diferencias en la tasa de crecimiento del fruto.

5 CONCLUSIONES

El tangor "Ortanique", presentó un porcentaje de cuajado final alto (15,2%), con una floración promedio de 20 flores cada 100 nudos.

Los brotes terminales presentaron un cuajado significativamente mayor (39.2%) al de los brotes mixtos (16.8%) los cuales también se diferenciaron significativamente de los solitarios (9.9%) e inflorescencias (7.2%).

Dentro de los brotes terminales, los que cuentan con un mayor número de hojas por brote alcanzaron un cuajado final mayor.

Considerando los brotes multiflorales con y sin hojas según número de flores por brote, solamente se encontraron diferencias significativas en el cuajado en las inflorescencias con mayor número de flores por brote.

En cuanto a la contribución a la cosecha, se encontró que un 84% de los frutos cosechados pertenecen a brotes con hojas y dentro de estos son los brotes mixtos los que realizan el mayor aporte (59.7%). Dentro de los brotes multiflorales, el aporte es significativamente mayor a medida que aumenta el número de flores por brote.

No existió interacción en el cuajado por tipo de brote e intensidad de floración, ya que el orden en que éstos cuajaron fue el mismo en los dos casos, registrándose para todos los tipos de brotes un cuajado menor en floración media. Las plantas de baja floración (10.8 flores/100 nudos) alcanzaron un cuajado de 17.6% y de 9% las de media (39.5 flores/100 nudos), encontrándose diferencias significativas entre estos valores.

Los frutos ubicados en los diferentes tipos de brotes no presentaron diferencias significativas en calibre. Sin embargo, agrupándolos en brotes con y sin hojas, se encontró que en los brotes con hojas el calibre fue significativamente mayor.

En los brotes en los que 1 y 2 frutos alcanzaron la maduración, el tamaño de los mismos fue similar. En cambio, cuando crecen 3 frutos por brote el calibre disminuye significativamente.

El calibre final de los frutos ubicados en plantas con floraciones bajas fue significativamente mayor a los de floraciones medias.

Desde una óptica productiva, debe considerarse como objetivo, obtener una mayor frecuencia relativa de brotes florales con hojas, que permitan un mayor porcentaje de cuajado final y alcanzar un tamaño de fruta adecuado. En el caso de presentarse una situación en que se dé una cosecha muy baja y por tanto se espere una alta floración, se deben implementar prácticas de manejo para bajar la floración. La aplicación invernal de giberelina sería uno de los manejos a realizar, o bien realizar una poda pre-floración, para promover el desarrollo de brotes con hojas y por tanto lograr un mayor cuajado y tamaño del fruto.

6 RESUMEN

El presente trabajo se realizó sobre el tangor “Ortanique” (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.), en el Sur de Uruguay (34° 60' LS). Los objetivos fueron realizar una caracterización diferencial del cuajado y del tamaño final del fruto según el tipo de brote en que se desarrolla el fruto y determinar el efecto del número de flores y/o el número de hojas por brote, como también la intensidad de floración en el cuajado y tamaño del fruto.

Se realizó un diseño completamente aleatorio, en el que se marcaron al azar, 400 brotes reproductivos (100 de cada tipo, entre terminales, mixtos, inflorescencias y solitarios), en un total de 25 plantas con una floración promedio de 20 flores/100 nudos, relativamente baja para esta variedad.

En términos generales se obtuvo un cuajado final alto, de 15.2%. Los brotes con hojas presentaron un cuajado y tamaño final de fruto significativamente mayor al de los brotes sin hojas. Dentro de los tipos de brotes, los terminales presentaron un mayor porcentaje de cuajado (39.2%), seguidos por los mixtos (16.8%), solitarios (9.9%) e inflorescencias (7.2%). Los brotes terminales que cuentan con un mayor número de hojas, presentaron un cuajado significativamente mayor al de los brotes con menos hojas. Considerando los brotes multiflorales con y sin hojas según número de flores por brote, solamente en las inflorescencias se encontraron diferencias significativas a favor del cuajado a mayor número de flores por brote (en base flor).

En cuanto a la contribución a la cosecha, se encontró que un 84% de los frutos cosechados pertenecen a brotes con hojas y dentro de estos son los brotes mixtos los que realizan el mayor aporte (59.7%). Dentro de los brotes multiflorales, el aporte es significativamente mayor a medida que aumenta el número de flores por brote (cuajado en base brote).

7 SUMMARY

This work was performed on 'Ortanique' tangor (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.) in the south of Uruguay (35° SL). The outlined objectives were to characterize fruit set and final fruit size according to shoot type, and to determine the effect of number of flowers and leaves per shoot, as well as flowering intensity, on fruit set and fruit size.

A complete randomized design was used. Twenty five trees were selected and 400 generative shoots per plant were randomly tagged (100 of each type, leafy single flowered, leafy multiple flowered, leafless multiple flowered and leafless single flowered shoots). Flowering intensity was relatively low, with a mean of 20 flowers/100 nodes.

Generally, final fruit set was high, with a mean of 15.2%. Final fruit set and fruit size were significantly higher on leafy shoots. Fruit set varied according to shoot type: 39.2% for leafy single flowered shoots, 16.8% for leafy multiple flowered shoots, 9.9% for leafless single flowered shoots and 7.2% for leafless multiple flowered shoots. On leafy single flowered shoots, the greater number of leaves per shoot, the higher final fruit set. Considering only multiple flowered shoots (with or without leaves), significant differences on fruit set were found according to the number of flowers per shoot: those with higher number of flowers presented a higher fruit set.

With respect to final crop load contribution of the different shoot types, the highest percentage was found for leafy shoots (84%), and within this group, multiple flowered shoots presented the greatest contribution (59.7%). In multiple flowered shoots (leafy or leafless), final crop load contribution was significantly higher as the number of flowers per shoot increased.

8 BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTÍ, M. 1985. El aumento del tamaño del fruto en mandarinas. Factores y tratamientos. Agrícola Vergel. N° 45: 559-562
- AGUSTÍ, M. 1987. El cuajado del fruto en los agrios. Algunos aspectos de interés. Agrícola Vergel. Abril 1987: 173-179
- AGUSTÍ, M. 2000. Crecimiento y maduración del fruto. En Fundamentos de fisiología vegetal. De editores AZCÓN-BIETO, J., TALON, M. Ed. Universal Barcelona. 515p
- AGUSTÍ, M. 2003. Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa 2da de.Valencia. 422 p.
- AGUSTÍ, M. y ALMELA, V. 1991. Aplicación de fitoreguladores en citricultura. Barcelona, De. Adeos. 261 p
- AGUSTÍ, M., ALMELA, V. y PONS, J. 1988. Rayado y Estimulo de la Floración en los Agrios. Su Aplicación Agronómica. Actas del III Congreso, S.E.C.H.
- AGUSTÍ, M., GARCÍA-MARI, F. and GUARDIOLA, J. 1982. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. Scientia Horticulturae, 17: 343-352
- AGUSTÍ, M., MARTINEZ-FUENTES, A., MESEJO, C., MARIANO, J. y ALMELA, V. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Serie de divulgación técnica. Valencia. Generalitat Valenciana. 80p
- AGUSTÍ, M., ZARAGOZA, S., BLEIHOLDER, H., BUHR, H., HACK, H., KLOSE, R. y STAUB, R. 1995. Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). Levante Agrícola, 332: 189-199

- ALI, A. and LOVATT, C. 1994. Winter application of low-biuret Urea to the foliage of 'Washington Navel' orange increases yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (6): 1144-1150
- ARIAS, M., CARBONELL and AGUSTÍ, M. 2000. Polyamines and fruit set early development of "Oronules" mandarin. Proc. Int. Soc. Citriculture. IX Congress 2000. 654-656
- ARIAS, M. RONCA, F. ARBIZA, H. and GRAVINA, A. 1996a. Estudio del comportamiento fenológico-reproductivo del tangor Ortanique (*Citrus sinensis* L. Osb.x *Citrus reticulata* Bl.) en el Sur del Uruguay. Actas de la XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Mendoza, Argentina: 208-209
- ARIAS, M. RONCA, F. ARBIZA, H. GRAVINA, A. 1996b. Reproductive phenological behaviour of "Nova" and "Clementina de Nules" mandarins in Uruguay. Proc. Int. Soc. Citriculture. VIII Congress 1996. Vol 2. 1052-1056
- ARIAS, M., GRAVINA, A. Y RABIZA, H. 2000. Control hormonal de la floración. Resultados de investigación y desarrollo tecnológico del rubro Citrus. p 1-3
- BAIN, J. 1958. Morphological anatomical and physiological changes in the developing fruits of the "Valencia" orange (*Citrus sinensis* (L.) Obs.) Austral. J. Bot., 6:1-24
- BARRY, G, CASTLE, W and DAVIES, F. 2004. Juice Quality of 'Valencia' sweet oranges borne on different inflorescences types. Horticultural Science 39 (1): 33-35
- BECERRA, S. and GUARDIOLA, J. 1984. Interrelationship between flowering and fruiting in sweet orange, cv. 'Navelina'. Proc. Int. Soc. Citriculture. I: 190-194
- BENZANO, F. 2003. Efecto del retraso en la cosecha en la cosecha en tangor "Ortanique" sobre la calidad de fruta y la floración siguiente. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 93p

- BOWER, J. 2000. Water stress in citrus and its alleviation. Proc. Int. Soc. Citriculture. IX Congress 2000. 630-633
- BUSTAN, A., ERNER, Y. and GOLDSCHMIDT, E. 1995. Interactions between Developing *Citrus* Fruit and their Supportive Vascular System. Annals of Botany , 76: 657- 666
- CARRATALÁ, M. 1994. Características Agronómicas de las variedades tardías de tangor “Ellendale” y “Ortanique”. Tesis Ingeniero Técnico Agrícola. Universidad Politécnica de Valencia. 61 p
- CARRAU, F.,FRANCO, J., Y DIEZ, J. 1993. Evaluación del híbrido cítrico “Sunburst”. INIA Salto Grande, Uruguay. Serie Técnica N°31. 16 p
- DELHOM, M. Y PRIMO MILLO, E. 1993. El cuajado del fruto en las nuevas variedades. Levante Agrícola. Año XXXII . 322: 4-8
- EL-OTMANI, M. 2000. Objectives in manipulating growth and development in Citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture. IX Congress 2000. 339-341
- EMBLENTON, T., W.JONES, A.PAGE and R.PLATT. 1969. Potassium and California Citrus. Proc. First Int. Citrus Symposium. 3: 1599-1603
- ERNER, Y. and SHOMER, I. 1996. Morphology and anatomy and pedicel of spring flush shoots associated with citrus fruit set. Annals of Botany 77: 537-545
- ERNER, Y., ARTZI, B., TAGARI, E., SHIENA, F., and HAMOU, M. 2000. Carbohydrate and vascular bundle effects on citrus fruit set. Proc. Int. Soc. Citriculture. IX Congress 2000. 693-698
- ERNER, Y., COHEN, A., MAGEN, H. 1999. Fertilizing for high yield Citrus. IPI Bulletin 4. International Potash Institute Basel/Switzerland.59p

- FRASCHINI, C. y LANFRANCO, M. 2002. Respuesta productiva de la mandarina 'Nova' a la aplicación del ácido giberélico y anillado. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 81p
- GARCÍA, M. 2000. Efecto de diferentes momentos de riego en el rendimiento y la calidad de cuatro variedades de citrus. Resultados de investigación y desarrollo tecnológico del rubro Citrus. Memorias IMM. Facultad de Agronomía. 17-20
- GARCÍA-LUIS, A., KANDUSSER, M., SANTAMARINA, P. and GUARDIOLA, J. 1992 b. Low temperature influence on flowering in Citrus, The separating of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiologia Plantarum*. 86 : 648-652
- GARCÍA-LUIS, A., KUANDUSER, M., SÁNCHEZ-PERALES, M., SANTAMARINA, P., AND GUARDIOLA, J. 1992 a. The characterization of the inductive effect of low temperatures on flowering in Citrus. *Proc. Int. Soc. Citruculture*. 1: 364-367
- GARCÍA-LUIS, A., FORNÉS, F., SANZ, A. and GUARDIOLA, J. 1988. The regulation of flowering and fruit set in Citrus: relationship with carbohydrate levels. *Isr.J.Bot.*, 37:189-201
- GARCÍA-LUIS, M., M.OLIVEIRA, Y.BORDÓN, D.SEQUEIRA, S.TOMINAGA and J.GUARDIOLA. 2002. Dry matter accumulation in Citrus fruit is not limited by transport capacity of the pedicel. *Annals of Botany* 90: 755-764
- GARCÍA-PAPI, M. AND GARCÍA-MARTINEZ J. 1984. Fruit set and development in seeded and seedless Clementine mandarin. *Scientia Horticulture*, 22: 113-119
- GIACOMETTI, C., ROCCHIETTI, M. y SOLARI, L. 1998. Estudio sobre inducción floral en Ellendale. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 100p.

- GOLDSCHMIDT, E. and GOLOMB, A. 1982. The carbohydrate balance of alternate bearing Citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. J.Amer.Soc.Hort.Sci.,107(2):206-208
- GOLDSCHMIDT, E., and MONSELISE, S. 1972. Hormonal control on flowering in Citrus and some other woody perennials. In:Carr,D.J.(Ed.): Plant Growth Substances: 758-766.N.York, Springer Verlag.
- GOLDSCHMIDT, E., and MONSELISE, S. 1977. Physiological assumptions toward the development of a Citrus fruiting model. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2: 668-672
- GOLDSCHMIDT, E., ASCHEKENAZI, N., HERZANO, Y., SCHAFFER, A. and MONSELISE, S. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in Citrus. Scientia Horticulturae. 26: 159-166
- GOREN, R. 1993. Anatomical, physiological and hormonal aspects of abscission in Citrus. Hort.Rev., 15:145-182
- GRAVINA, A. 2002. Produção e exportação de mandarinas e híbridos do Uruguay. 7º Seminario Internacional de Citrus Melhoramento. Bebedouro, SP, Brasil. 1: 26-31
- GRAVINA, A., ARBIZA, H., ARIAS, M. y RONCA, F.1997. Estudio de la floración en el Tangor "Ellendale" (*Citrus sinensis* L.Osb. x *Citrus reticulata* Bl.) y su relación con el cuajado de frutos y productividad. Agrociencia. Vol I. N°1: 55-59
- GRAVINA, A., ARBIZA, H., ARIAS, M., FERENCZI, A., FRANCO, J., GAMBETA, G., ORLANO, L., SEVERINO, V., TELIAS, A. 2000 b. Relaciones Floración - Fructificación en cultivares de Citrus. Resultados de investigación y desarrollo tecnológico del rubro Citrus. p 5-7
- GRAVINA, A., JUAN, M., ARBIZA, H., ALMELA, V., COELLI, V. Y AGUSTI, M. 1998. Respuesta productiva del Tangor "Ellendale" (*Citrus sinensis* L.Osb. x *C. reticulata* BL.) a diferentes fechas de anillado. Agrociencia, 2:112-116

- GRAVINA, A. 1999. Ciclo fenológico - reproductivo en Citrus. Bases fisiológicas y manejo. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. CSIC. 55p
- GUARDIOLA, J. 1981. Flower initiation and development in Citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture. Tokyo, Japan, 1: 242-246
- GUARDIOLA, J. 1982. Empleo de los reguladores del desarrollo en los agrios. Agrícola Vergel 241-242: 49-62
- GUARDIOLA, J. 1988. Factors limiting Productivity in *Citrus*. A physiological approach. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2: 381-394
- GUARDIOLA, J. 1992. Fruit set and growth. Second International Seminar on Citrus. Bebedouro, Sao Pablo, Brazil: 1-30
- GUARDIOLA, J., 1997. Synthetic auxins and Citrus fruit size. Strategies for use and mechanism of action. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2: 229-237
- GUARDIOLA, J., AGUSTÍ, M., GARCÍA-LUIS, A., ALMELA, V., MONERRI, C. Y ALBERT, C. 1987. Fisiología del desarrollo en los agrios. Fruticultura Profesional 7: 68-72
- GUARDIOLA, J., AGUSTÍ, M. and GARCÍA-MARI, F. 1977. Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2: 696-699
- GUARDIOLA, J., GARCÍA-MARI, F. and AGUSTI, M. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. Physiol. Plant, 62: 297-302
- HERNÁNDEZ, F. and PRIMO-MILLO, E. 1990. Studies on endogenous cytokinins in *Citrus*. Journal of Horticultural Science. 65 (5): 595-601
- HOFMAN, P. 1990. Abscisic acid and gibberellins in the fruitlets and leaves of "Valencia" orange in relation to fruit growth and retention. Scient. Hortic., 42: 257-267

- HOLTZHAUZEN, L. 1969. Observations on the developing fruit of *Citrus sinensis* cultivar Washington Navel from anthesis to ripeness. Department of Agricultural Technical Services. Faculty of Agriculture. University of Stellenbosch. Technical Communication No. 91: 15p
- JAHN, O. 1973. Inflorescence types and fruiting patterns in "Hamlin" and "Valencia" oranges and "Marsh" grapefruit. *Amer.J.Bot.*, 60(7): 663-670
- KOO, R. 1985. Potassium nutrition of citrus. Ed. Munson R.D. Potassium in agriculture. Atlanta, p 1078-1085
- LORD, E., and ECKARD, J. 1985. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel Orange). I. Floral and Inflorescence Ontogeny. *Bot. Gaz.* 146 (3): 320-326
- LORD, E., and ECKARD, J. 1987. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel Orange). II. Alteration of developmental fate of flowering shoots after GA3 Treatment. *Bot. Gaz* 148 (1): 17-22
- LOVATT, C., STREETER, S., MINTER, T., O'CONNELL, N., FLAHERTY, D., FREEMAN, M., AND GOODELL, P. 1984. Phenology of flowering in *Citrus sinensis* (L) Osbeck, cv. "Washington" Navel orange. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* P 475-483
- MEHOUACHI, J., IGLESIAS, D., TADEO, F., AGUSTI, M., PRIMO-MILLO, E. and TALÓN, M. 2000. The role of leaves in Citrus fruitlet abscission: Effects on endogenous gibberellin levels and carbohydrate content. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology.* Vol 75: 79-85
- MEHOUACHI, J., SERNA, D., ZARAGOZA, S., AUGUSTI, M., TALÓN, M. and PRIMO-MILLO, E. 1995. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and tissues of *Citrus unshiu*. *Plant Science.* 107: 189-197

- MONSELISE, S. and GOLDSCHMIDT, E. 1982. Alternate bearing. Horticultural Review. En Jules Janiack eds. Avi. Publishing. Vol 4: 141-143
- MONSELISE, S. and GOREN, R. 1977. The Role of Factors and Exogenous Control in Flowering, Peel Growth, and Abscission in Citrus. Horticultural Science, 13(2) : 134 – 139
- MOSS, G. 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Obsbeck]. J. Hort Sci. 44: 311-320
- MOSS, G. 1971. Effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). J.Hort.Sci. 46:177-184
- MOSS, G., STEER, B. and Kriedemann, P. 1972. The regulatory role of inflorescence leaves in fruit setting by sweet oranges (*Citrus sinensis*). Physiol. Plant. 27: 432-438
- PATIÑO, M. 1998. La citricultura en Uruguay, su evolución hacia el 2000. Todo Citrus. 3: 37-48
- PONS, J., AGUSTI, M. y ALMELA, V. 1989. Características del desarrollo y la maduración del fruto de la mandarina “Marisol” (*Citrus reticulata* Blanco), Fruits. Vol. 44. n°2: 73-79
- PRIMO MILLO, E. 1985. Factores que determinan el cuajado de los frutos cítricos. Levante Agrícola 259-260:91-99
- RABE, E. 1994. Yield benefits associated with pre-blossom low-biuret urea sprays on Citrus spp. Journal of Horticultural Science. 69 (3): 495-500
- RICHARDSON, A. and BLANK, R. 1996. Shoot development in spring affects Satsuma mandarin fruit quality. Proc. Int. Soc. Citriculture. VIII Congress. 2: 989-993

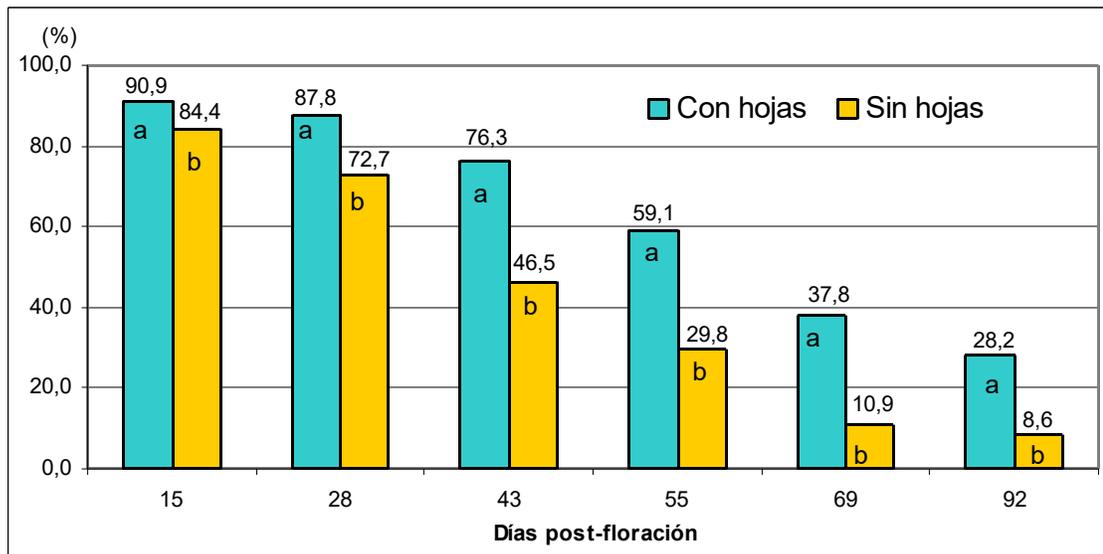
- RIVAS, F. 2001. Relaciones Fructificación-Floración en naranja "Valencia" [*Citrus sinensis* (L). *Osb*]. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 69p
- RONCA, F., ARBIZA, H., ABELLA, A., ARIAS, M. and GRAVINA, A. 1998. Synthetic auxins evaluation on fruit size and yield in 'Lisbon' type lemon. *Acta Hort.*, 463: 405-412
- RUAN, Y. 1993. Fruit set, young fruit and leaf growth of *Citrus unshiu* in relation to assimilate supply. *Scientia Horticulturae* 53: 99-107
- RUIZ , R. and GUARDIOLA. J.1994. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscission. *Physiol. Plant.*, 90: 27-36
- RUIZ, R., GARCÍA-LUIS, A., MONERRI, C. and GUARDIOLA, J. 2001. Carbohydrate Availability in Relation to Fruitlet Abscission in *Citrus*. *Annals of Botany*, 87: 805-812
- SANZ, A., MONERRI, C., GONZÁLEZ FERRER and GUARDIOLA J. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in *Citrus* leaves during flowering and fruit set. *Physiol. Plant.*, 69: 93-98
- SAS/STAT®. 1997. Software: Changes and enhancements through release 6.12, Cary, NC:SAS Institute Inc.
- SAUNT, J. 2000. *Citrus varieties of the world*. Sinclair International Limited. Norwich. England. 83-84
- SCHAFFER, A., GOLDSCHMIDT, E., GOREN and GALILI, D. 1985. Fruit set and carbohydrates status in aternate and nonalternate bearing *Citrus* cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110(4): 574-578
- SEVERINO, V. FRANCO, J. BORGES, A. RIVAS, F. CASANOVA, S.. 2002. Relaciones floración-cuajado en naranja 'Valencia' [*Citrus sinensis* (L.) *Osb*]. VIII Congreso brasileiro de fisiología vegetal. Ilheus, Brasil.

- SOLER, J. 1999. Reconocimiento de variedades de cítricos en campo. Generalitat Valenciana. Serie de divulgación técnica N°43. 117-118
- TALÓN, M.1997. Regulación del cuajado del fruto en Cítricos: Evidencias y Conceptos. Levante Agrícola 1er.Trimestre 338: 27-37
- YAMANISHI, O.1996. Effects of pre-bloom trunk cincturing on the type of inflorescences, parthenocarpic fruit set, and yield of pumelo trees grown in a greenhouse. Proc. Int. Soc. Citriculture. VIII Congress. Vol 2. 997-1006
- ZORRILLA DE SAN MARTÍN, A. y IRIGOYEN, C. 1992. Estudio de inducción floral de mandarina Satsuma en la zona norte del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 74p
- ZUCCONI, F., MONSELISE, S and GOREN, R. 1978. Growth-Abscission relationships in developing orange fruit. Scientia Horticulturae 9: 137-146

9 ANEXOS

ANEXO N° .

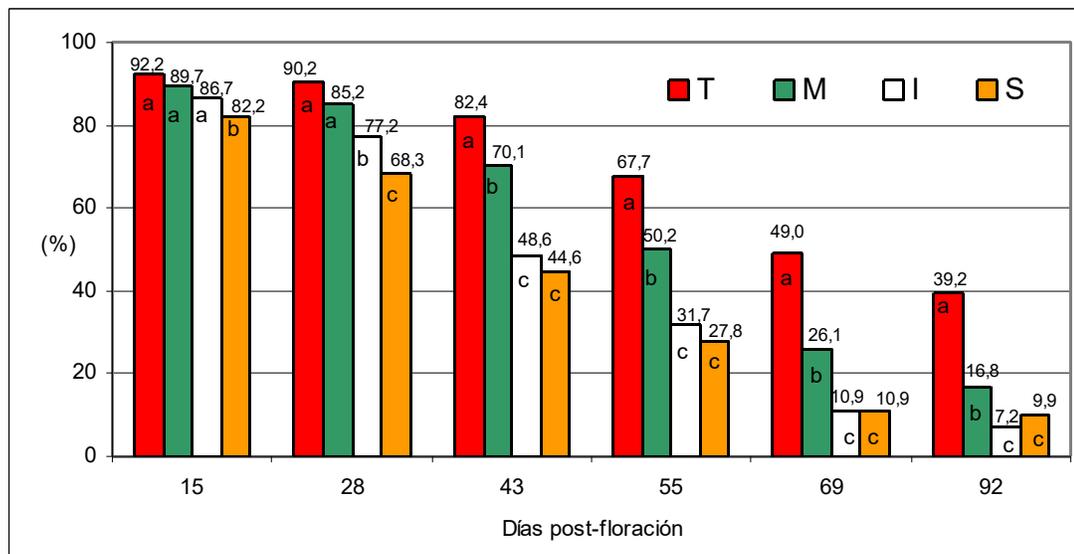
Evolución del porcentaje de cuajado de frutos situados en brotes con y sin hojas en diferentes fechas post-floración.



Letras diferentes, dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

ANEXO N° .

Evolución de los porcentajes de frutos retenidos registrados en diferentes fechas post-floración en cada tipo de brote.



Letras diferentes dentro de la misma fecha post-floración indican diferencias significativas. ($p \leq 0.10$).

ANEXO N° .

Porcentaje de cuajado final en terminales y mixtos según número de hojas por brote en dos intensidades de floración.

Tipo de brote	N° de hojas por brote	Porcentaje de cuajado	
		Floración Baja	Floración Media
Terminales			
	1-4 hojas	39,4 a	21,4 a
	5-10 hojas	51,6 a	33,3 b
Mixtos			
	1-4 hojas	19,5 a	13,3 a
	5-10 hojas	20,8 a	11,3 a

Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada tipo de brote y dentro de cada intensidad de floración ($p \leq 0.10$).

ANEXO N°

Número promedio de hojas y/o flores registrados en cada tipo de brote en las diferentes intensidades de floración.

Tipo de Brote	Relación N°hojas / N° flores	
	Floración Baja	Floración Media
Brotos con hojas		
Terminales	4,4 / 1,0	5,0 / 1,0
Mixtos	4,4 / 4,0	4,0 / 4,0
Brotos sin hojas		
Inflorescencias	0,0 / 2,9	0,0 / 3,1
Solitarios	0,0 / 1,0	0,0 / 1,0
Promedio General	2,4 / 2,1	2,3 / 2,3

ANEXO N° .

Cuajado final (base brote) y evolución del número de estructuras reproductivas ubicadas en brotes mixtos e inflorescencias.

Tipo de Brote	Días post-antesis			
	0	28	55	92
Brotes con hojas				
Mixtos				
Brotes con frutitos (%)	100	99,0	88,8	53,1
Frutos por brote	4,0	3,5	2,3	1,3
Brotes sin hojas				
Inflorescencias				
Brotes con frutitos (%)	100	91,9	52,5	19,2
Frutos por brote	3,0	2,6	1,7	1,1

ANEXO N°

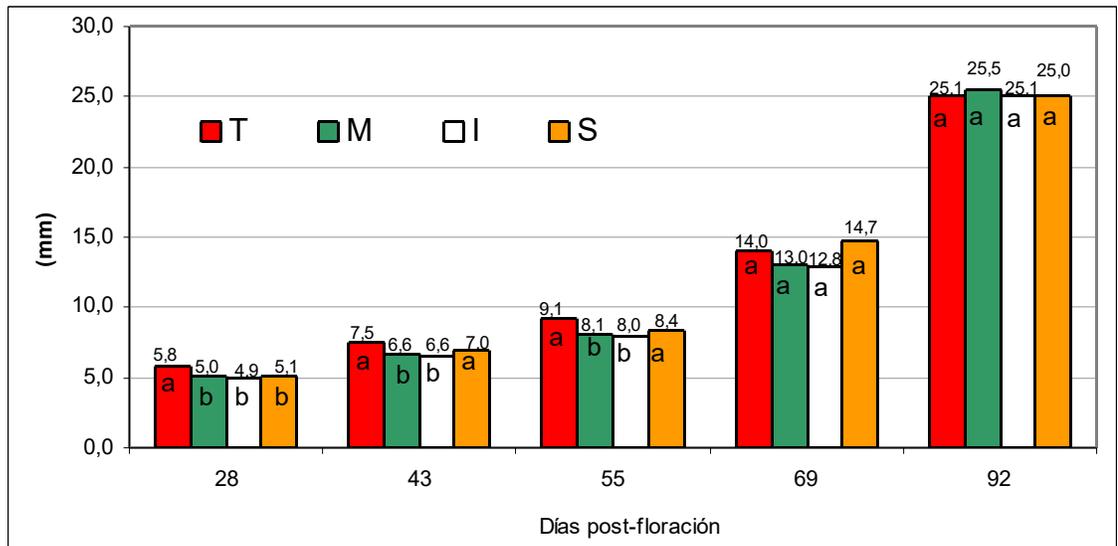
Número promedio de hojas y/o flores registrados en cada tipo de brote y cuajado final en base a flores y a brotes.

Tipo de Brote	Relación N°hojas/N°flores	Porcentaje de cuajado	
		Por Flores	Por Brote
Brotes con hojas			
Terminales	4,7 / 1,0	39,2 a	39,2 b
Mixtos	4,6 / 4,0	16,8 b	53,1 a
Brotes sin hojas			
Inflorescencias	0,0 / 3,0	7.2 c	19,2 c
Solitarios	0,0 / 1,0	9.9 c	9,9 d
Promedio General	2.3 / 2.2	15,3	30.3

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$)

ANEXO N°

Evolución del calibre de frutos en los cuatro tipos de brotes, en Fase I de crecimiento.



Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$).