



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**EVOLUCION ESTACIONAL DE
CARBOHIDRATOS SOLUBLES EN
TANGOR 'ELLEDALE' [*Citrus sinensis* (L).
Osbeckia x C. reticulata Bl.] Y SU RELACION CON
LA APLICACION DE YODO LIBRE.**

por

Rúben Daniel ALANÍS PIÑEYRO
Oscar Edgardo GONZÁLEZ WAGNER

T E S I S

2001

MONTEVIDEO

URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVOLUCION ESTACIONAL DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES EN
TANGOR 'ELLENDALE' [*Citrus sinensis* (L).Osb x *C. reticulata* Bl.] Y
SU RELACIÓN CON LA APLICACIÓN DE YODO LIBRE.**

por

Rúben Daniel ALANÍS PIÑEYRO
Oscar Edgardo GONZÁLEZ WAGNER

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación: Producción
Vegetal Intensiva).**

MONTEVIDEO
URUGUAY
2001

Tesis aprobada por :

Director : Ing .Agr. MSc. Alfredo Gravina

Ing. Agr. Héctor Arbiza

Ing. Agr. PhD. Mercedes Arias

Fecha :.....

Autor : Ruben Daniel Alanís Piñeyro

Oscar Edgardo González Wagner

AGRADECIMIENTOS :

Al Ing. Agr. MSc. Alfredo Gravina por su apoyo brindado, sin el cual este trabajo no hubiese sido realizado.

A nuestras familias y a todos los que colaboraron en la realización del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	VI
1- <u>INTRODUCCION</u>	1
2- <u>REVISION BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2-1. ROL DE LOS CARBOHIDRATOS EN LAS PLANTAS.....	4
2-2. CICLO FENOLOGICO DE LOS CITRUS.....	6
2-2-1. <u>Brotación</u>	6
2-2-1-1. Rol de las hormonas en la brotación.....	7
2-2-1-2. Rol de los carbohidratos en la brotación.....	9
2-2-2. <u>Floración</u>	10
2-2-2-1. Rol de las hormonas en la floración.....	11
a) Giberelinas.....	11
b) Auxinas.....	12
c) Citoquininas.....	12
2-2-2-2. Rol de los carbohidratos en la floración.....	13
2-2-3. <u>Cuajado</u>	14
2-2-3-1. Rol de las hormonas en el cuajado.....	17
a) Giberelinas	18
b) Auxinas.....	19
c) Citoquininas.....	20
2-2-3-2. Rol de los carbohidratos en el cuajado.....	20
2-3.ROL DE LOS MINERALES EN LOS CITRUS.....	23
2-4.CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TANGOR ELLENDALE.....	25
2- 5 APLICACIÓN DE YODO LIBRE.....	26
3- <u>MATERIALES METODOS</u>	28
4- <u>RESULTADOS</u>	31
4-1 EVOLUCION DE LOS CARBOHIDRATOS SOLUBES	31
4-2 APLICACIÓN DE YODO LIBRE (Q ₂₀₀₀ ^R).....	33

4-2-1 <u>Niveles de carbohidratos en hoja</u>	33
4-2-2 <u>Niveles de carbohidratos en brote</u>	35
4-2-3 <u>Niveles de carbohidratos en tallo</u>	37
4-2-4 <u>Influencia del I2 en la brotación, floración, cuajado y rendimiento del tangor 'Ellendale'</u>	39
4-2-4-1 Porcentaje de cuajado y rendimiento.....	40
5- <u>DISCUSION</u>	42
6- <u>RESÚMEN</u>	46
7- <u>SUMARY</u>	47
8- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	48

LISTA DE CUADROS

<u>CUADROS</u>	<u>Página</u>
1- Evolución estacional de los carbohidratos solubles (% Materia Seca) en brotes, hojas y tallos en plantas testigo, 'Ellendale', Paysandú.....	54
2- Evolución estacional de los carbohidratos solubles (% Materia Seca) en brotes, hojas y tallos en plantas testigo, 'Ellendale', San José.....	54
3- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca), en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', Paysandú.....	54
4- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca), en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José.....	55
5- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca), en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú.....	55
6- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca), en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', San José.....	55
7- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca), en tallos testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú.....	55
8- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca), en tallos testigo y tratados, 'Ellendale', San José.....	56
9- Densidad de Floración y Brotación en plantas testigo y tratadas 'Ellendale', Paysandú.....	56

10- Densidad de Floración y Brotación en plantas testigo y tratadas 'Ellendale', San José.....	56
11- Porcentaje de cuajado y rendimiento en Kg/árbol en plantas testigo y tratadas, 'Ellendale', Paysandú.....	57
12- Porcentaje de cuajado y rendimiento en Kg/árbol en plantas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José.....	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

<u>FIGURAS</u>	<u>Página</u>
1- Evolución del porcentaje de carbohidratos solubles en los tres órganos en estudio, en plantas testigo, 'Ellendale, Paysandú.....	32
2- Evolución del porcentaje de carbohidratos solubles en los tres órganos en estudio, en plantas testigo, 'Ellendale, San José.....	32
3- Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', Paysandú.....	34
4- Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José.....	34
5- Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú.....	36
6- Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', San José.....	36
7- Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en tallos testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú.....	38
8- Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en tallos testigo y tratados, 'Ellendale', San José.....	38
9- Densidad de Floración y Brotación en plantas testigo y tratadas, 'Ellendale', Paysandú.....	39
10-Densidad de Floración y Brotación en plantas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José.....	39

11a- Porcentaje de Cuajado, 'Ellendale', Paysandú.....	40
11b- Rendimiento final expresado en Kg/árbol, 'Ellendale', Paysandú.....	40
12a- Porcentaje de Cuajado, 'Ellendale', San José.....	41
12b- Rendimiento final expresado en Kg/árbol, 'Ellendale', San José.....	41

1 INTRODUCCIÓN

Los cítricos son considerados los frutales más importantes del mundo, su cultivo y consumo se realiza por igual en los cinco continentes, siendo explotados en forma comercial en prácticamente todos los países. A diferencia de otros frutales, los cítricos presentan un mercado amplio y bien evolucionado, alcanzando a nivel mundial en el año 1998 las 6.992.146.000 TM exportadas, (FAO, 1998).

En nuestro país a partir de 1970, cuando la citricultura es declarada de interés nacional, ésta ha mostrado una importante evolución. No solo se incrementó en superficie, sino que se ha orientado la producción hacia la exportación de fruta fresca, alcanzándose en 1993 una cifra de 114.000 Ton. de fruta exportada (Bentancur y Terra 1994); la producción de Cítricos llega a las 272.000 toneladas, pudiéndose exportar un 43%, lo que representa 117.000 toneladas.(C.H.N.P.C, 1997); en 1998 alcanza las 138.677 TM exportadas, representando para el país un ingreso de US\$ 62.234.000, (FAO, 1998).

En la actualidad se encuentran en producción aproximadamente 20.700 hectáreas, las cuales se pueden ubicar en dos zonas principales: la mayor correspondiente a los departamentos de Salto, Paysandú y Río Negro, donde se produce fundamentalmente naranjas, mandarinas y en menor grado pomelos; otra zona en el sur del país principalmente en los departamentos de Canelones y San José, donde predomina el cultivo del limón y con menor importancia, naranja, mandarina y pomelo; el número de árboles a nivel nacional llega a los 6.370.000 (C.H.N.P.C, 1997).

Los Cítricos pertenecen a la familia de las Rutáceas, subfamilia Aurantioideas que contiene de acuerdo con el criterio de Swingle, dos tribus, seis subtribus y treinta y tres géneros, siendo la tribu Citreas y dentro de ésta la subtribu Citrinas, la que contiene a los tres géneros más importantes de los cítricos: Fortunella, Poncirus y Citrus (Agusti y Almela, 1991).

Los Cítricos cultivados tienen un solo tronco, con dos o tres ramas principales, que nacen a una altura de 60-70 cm y cuyo ángulo de inserción es distinto según la variedad. Estas ramas presentan acanaladuras que tienen que ver con su relación con las raíces, siendo especialmente notorias en el limonero.

Su densidad y crecimiento contribuyen al aspecto general del árbol, siendo más densas en naranjo, mandarinas Clementinas y pomelos, que en los limoneros y mandarina Satsuma.

La forma de las ramas verticales es redondeada pero la de las horizontales es aplanada como consecuencia de la actividad diferencial del cambium que origina un crecimiento hipotrófico (estas características se presentan más marcadas en el limonero).

Los tallos muy jóvenes son verdes, blandos y con una sección triangular, mayor en su base, que con la edad se redondea, endurece y cambia de color hasta gris pardo.

Las hojas se insertan en el tallo espiralmente con una filotaxis en general de 3/8. En su axila se sitúan los nudos, estructura cubierta por varios prófilos que engloban a la yema. (Agusti y Almela 1991).

El tangor 'Ellendale', es un híbrido de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) y naranjo dulce (*Citrus sinensis* L), originado en Australia en 1878. Árbol de vigor medio, de follaje no muy denso, que por sus características de alta calidad de frutos: buen tamaño, alto contenido de jugo, ausencia de semilla en monocultivo y el buen comportamiento post-cosecha, la hacen una variedad con alto potencial de exportación (Agustí y Almela, 1991).

Desde el punto de vista reproductivo esta variedad presenta altas floraciones seguidas de bajo cuajado de frutos lo que determina la falta de producción en forma continua (Borsani et al, 1992).

En algunas ocasiones, como consecuencia de una mejora en el cuajado se han observado ciclos de alternancia en su producción, (Gravina et al, 1994).

Dicha problemática evidencia la necesidad de conocer mejor el ciclo reproductivo de la especie y específicamente el papel que juegan los carbohidratos en los diferentes momentos fisiológicos.

Sin embargo, presenta ciertos problemas, uno de los más importantes es que las ramas se rasgan fácilmente debido a una débil inserción, defecto que en gran parte puede corregirse con poda y ataduras de ramas principales, lo que insume un costo extra en el cuidado del esqueleto del árbol, (Agustí y Almela, 1991; Amorós Castañer, 1995).

El rol de los carbohidratos en el ciclo reproductivo de los Citrus ha sido estudiado en las últimas décadas y a pesar de sucesivas aproximaciones no existen evidencias definitivas sobre su participación en el proceso de formación de flores y el cuajado de frutos. Según García et al.(1988), los niveles de carbohidratos no tendrían un rol importante en la iniciación ni en el desarrollo floral en especies de carga regular ; tampoco el cuajado estaría directamente relacionado. Sin embargo , resultados extranjeros (Agusti et al, 1988)) y nacionales (Gravina, A. , 1999) demuestran el incremento del cuajado de frutos como resultado de la práctica de anillado. La incisión del floema interrumpe el transporte hacia las raíces, aumentando la disponibilidad en la parte aérea de los compuestos presentes en la savia , como lo son los carbohidratos, básicamente sacarosa. (Furr, J.and Armstrong, W. 1956 ; Agusti, M. et al 1988).

Otra técnica que se ha desarrollado con resultados exitosos en cuanto al control del proceso reproductivo, es la aplicación exógena de GA₃. Esta hormona aplicada en el momento de inducción floral, (invierno) reduce la floración de la primavera siguiente (Gravina 1999). En algunos casos esta mejora en la relación hoja/flor de la brotación incrementa el número de frutos cosechados. En ‘Ellendale’, la reducción de la floración no garantiza una mejora en la producción evidenciando una problemática adicional del proceso de cuajado (Arias et al , 1995).

La aplicación de yodo libre ha sido presentada como un posible estimulador de la fotosíntesis (Alvarado, 1991), por lo que se evalúa su potencial como posible regulador del ciclo vegetativo.

En el marco de un proyecto global de estudio y mejora de la productividad del tangor ‘Ellendale’ el presente trabajo se plantea como objetivos :

- Estudiar la evolución de los carbohidratos solubles en brotes hojas y tallos a lo largo del período de brotación, floración y cuajado de frutos en tangor ‘Ellendale’, en dos situaciones productivas y su posible relación con el ciclo reproductivo.
- Estudiar el efecto del yodo aplicado al inicio de la brotación sobre los niveles de carbohidratos en el mismo período.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2-1 ROL DE LOS CARBOHIDRATOS EN LAS PLANTAS

La mayor parte de una planta la constituyen los hidratos de carbono, teniendo roles muy variados en la planta y consistiendo, como su nombre lo implica de los elementos carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O).

La fotosíntesis es el mecanismo de síntesis de carbohidratos que utilizan las plantas. Dicho proceso de almacenamiento de energía solar es llevado a cabo tanto por las plantas como por ciertas bacterias y algas.

En él, la luz es absorbida por pigmentos (principalmente clorofila y carotenos), que mediante una serie de reacciones químicas son capaces de transformar la energía lumínica en energía química (Chande, 1998).

Los carbohidratos se pueden encontrar bajo diferentes formas, la más simple es como monosacárido, o disacárido (Ej. , glucosa y sacarosa respectivamente), siendo ésta la más común; según Jones et al, (1970) , las reservas son almacenadas en hojas y ramas como almidón y glucósidos.

Por otro lado los carbohidratos simples pueden agruparse y formar otros mas complejos llamados polisacáridos, los que podemos encontrar dentro de la planta cumpliendo diferentes funciones, como la de formar parte de la estructura de la pared celular, (carbohidratos estructurales), siendo la celulosa la más frecuente, o también actuar como sustancias para la reserva de energía, por ejemplo el almidón. Este es el principal carbohidrato de reserva de las plantas superiores, acumulándose en organelos especializados llamados amiloplastos, los que se pueden encontrar en diferentes tejidos y órganos, así como en raíces, tubérculos y hasta en los granos de polen (Preiss y Levi, 1974, citado por Chande ,1998).

Dado que las hojas son las principales productoras de carbohidratos, el área foliar es un factor importante en la acumulación de fotoasimilados. Según Goldschmidt and Golomb (1982), trabajando con naranja 'Valencia', encuentran que la relación adecuada de área foliar por fruto, para un buen almacenamiento de almidón y crecimiento es de 1,5 m² de hoja por cada fruto y un aumento podría resultar en foto inhibición por acumulación de almidón.

Una considerable parte de la materia seca producida por fotosíntesis es depositada en las paredes de las células como celulosa, hemicelulosa, o lignina y por consiguiente no es disponible como reserva para necesidades futuras por parte de la planta, o sea que forman parte de los carbohidratos estructurales. El almidón y los carbohidratos solubles constituyen una reserva energética acumulada para el crecimiento vegetativo y reproductivo. El almidón es un material de reserva el cual puede acumularse en altas concentraciones y puede ser casi completamente agotado, en años de escasa producción. (Goldschmidt and Golomb, 1982).

El potencial para el consumo de carbohidratos por parte de la planta, puede exceder la fotosíntesis producida por sus hojas y convertirse en un factor limitante para el crecimiento de los frutos. Los niveles de carbohidratos solubles son muy altos en frutos, algo menos en hojas y ramitas. La proporción de almidón es muy alta en los sistemas de raíces, menor en hoja y ramas, en el tronco permanecen relativamente altos antes de la brotación; el almidón depositado en el tronco no es fácilmente movilizado y reciclado. (Goldschmidt and Golomb, 1982).

La proporción de azúcar soluble en el tronco es menor que la del almidón. El transporte de fotoasimilados desde la hoja hasta la fruta en desarrollo involucra el movimiento de sacarosa como el principal transportado; los azúcares pasan a través del floema a los tejidos. (Kriedeman, 1969).

2-2 CICLO FENOLÓGICO DE LOS CITRUS

A lo largo del año, estas plantas cumplen un ciclo que incluye formación de nuevas partes vegetativas y reproductivas, lo cual se puede dividir para su mejor comprensión en diferentes etapas, tomando como inicio la brotación de primavera que es la más importante, seguido por la floración y cuajado de frutos. En las condiciones de Uruguay al igual que en otras zonas sub tropicales 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 en otoño, que normalmente son vegetativos. Estos, se caracterizan por presentar un bajo número de brotes, los cuales son vigorosos y de hojas grandes. La excepción la constituye el limonero, que presenta varias floraciones en el año, aunque la más importante es también la de primavera. (Gravina, 1999).

2-2-1 Brotación

Los factores que determinan la brotación no son muy bien conocidos; no parecen existir requerimientos específicos de frío y las yemas brotan en cualquier época del año cuando la temperatura del suelo supera los 12° C. Sin embargo existe un efecto de las bajas temperaturas en la intensidad de la brotación de primavera.(Agusti y Almela, 1991).

Por otro lado condiciones de día largo, reducen el período entre brotaciones cuya frecuencia e intensidad además están reguladas endógenamente. Las tres épocas de brotación de los citrus en el hemisferio sur, en zonas sub tropicales son, agosto-setiembre, diciembre-enero y febrero-marzo (Gravina, 1999).

La brotación más intensa se da en primavera, siendo la más importante al ser la que desarrolla flores útiles, la cual se origina sobre

ramas desarrolladas el año anterior y el año en curso. La madera de otoño es la que brota más precozmente, en mayor proporción y produce brotes más largos, seguida de la de verano, ésta en general proviene de la brotación de la primavera del año anterior (Agustí y Almela, 1991).

Se conoce que las temperaturas menores a 12 °C y o la sequía predisponen a la planta a entrar en su período de latencia, pero si éstas condiciones son alteradas de manera favorable se inicia de inmediato una nueva brotación.

Las condiciones ambientales, de trascendental importancia en el desarrollo vegetativo, alteran el balance hormonal y la movilización de las reservas. No solo determinan la época de brotación sino que son también responsables en gran medida de la intensidad y distribución de la floración. Las bajas temperaturas y la luz, son requisitos indispensables para que ésta tenga lugar, los mecanismos receptores y los efectos de éstos estímulos, y su interacción con otros factores exógenos y endógenos son poco conocidos pero aún así es posible modificarlos en distintas direcciones con la aplicación de reguladores del crecimiento (Agustí y Almela, 1991).

Según Moss (1969), las yemas emiten cinco tipos de brotes, brotes sin flores (brotes vegetativos), brotes con flores pero sin hoja (ramilletes de flor), brotes mixtos (con flores y con hojas), brotes con hoja y con una flor terminal, y brotes con una sola flor sin hoja (flor solitaria).

2-2-1-1 Rol de las hormonas en la brotación

El proceso reproductivo en los Cítricos es regulado por las distintas fitohormonas: giberelinas, auxinas, citoquininas, ácido abscisico y etileno. Excepto en los fenómenos de inducción floral, que merecen un comentario aparte, estas hormonas pueden considerarse como activadores o promotores del crecimiento reproductivo (Talón, 1997).

Thiman (1958) definió a las hormonas vegetales como sustancias orgánicas producidas por las plantas superiores, que en cantidades muy

pequeñas controlan el crecimiento y otras funciones fisiológicas en lugares alejados de donde se producen. Actualmente se considera que las fitohormonas pueden actuar también en los mismos órganos donde se sintetizan.

En las inflorescencias con hojas se ha detectado un mayor contenido de giberelinas endógenas que en las que no poseen hojas (Goldchsmidt y Monselise, 1972) y es mayor el nivel de citoquininas encontrado en los frutos procedentes de brotes mixtos (Saidha et al, 1985).

Según Agustí y Almela, (1991), la aplicación de ácido giberélico invernal provoca la reducción de la brotación y la floración, redistribuyendo aquella con un aumento de la proporción de brotes florales con hojas en relación a los brotes florales sin hojas, mientras que los brotes vegetativos no se alteran, salvo en aquellos casos en que la reducción de la floración es muy intensa; el número de hojas y el número de flores por brote no se modifica.

También existe sensibilidad en el momento en que se inicia la brotación ya que tratamientos con 10 mg.L^{-1} de ácido giberélico redistribuyen la brotación y reducen la floración con la misma intensidad que los efectuados durante el reposo invernal. Diferente ha sido lo encontrado por Gravina (1999); la repuesta al ácido giberélico, está relacionada con la concentración utilizada y con el momento de aplicación. En 'Ellendale', el ácido giberélico asperjado al inicio de brotación a fin de agosto, no ha resultado efectivo en la reducción de la floración.

Durante el período de crecimiento por división y alargamiento celular del fruto aumenta el contenido de giberélico . Cuando está próximo al período de maduración, el contenido de giberelinas disminuye y éste descenso es más rápido a medida que se produce la entrada en senescencia, (Amorós Castañer, 1995).

2-2-1-2 Rol de los Carbohidratos en la Brotación

Según Patrick (1988) citado por Ruan (1993), en el inicio del desarrollo, los órganos florales, frutos y hojas jóvenes son más vulnerables a las deficiencias en el suministro de fotoasimilados, lo que indica que los niveles de hidratos de carbono ejercen un rol muy importante en el crecimiento de los Citrus.

Las hojas viejas acumulan carbohidratos hasta plena floración, y los traslocan durante la post-antesis en forma constante durante 4 meses; la contribución a la exportación es unilateral debido a la presencia del cercano crecimiento de la fruta (Sanz et al, 1987).

Estudios realizados con variedades típicamente alternantes ('Wilking', 'Kinnow' y 'Murcott'), revelan resultados similares en lo que al balance de carbohidratos respecta ; en la época de recolección la concentración de almidón en las hojas y ramas de árboles "off", (sin cosecha o cosecha pobre), es del orden de 4 veces superior a la encontrada en los mismos órganos de los árboles "on", (con cosecha abundante). En las raíces éstas diferencias aumentan, y una pauta similar de variación se encuentra, aunque con diferencias mucho menores en la concentración de azúcares solubles (Goldschmidt and Golomb, 1982). La reducción de reservas de almidón de las raíces es, por tanto, uno de los principales efectos derivados de una cosecha abundante, mientras que tras un año de cosecha pobre las raíces acumulan reservas en cantidades elevadas (Monselise, 1981).

Goldschmidt and Golomb (1982), señalan que sin menospreciar el papel de los niveles de carbohidratos, no se descarta la implicación del balance hormonal en el problema de alternancia de mandarinos.

En un principio los brotes nuevos actúan como fosa y las hojas viejas como fuente, luego de 20 días después de plena floración las hojas nuevas alcanzan el 48 % de su superficie total final e incrementando su fotosíntesis neta. Subsecuentemente la fotosíntesis neta de las hojas viejas comienza a decrecer dramáticamente (Ruan, 1993).

2-2-2 Floración

Superado el estado juvenil se producen cambios en la planta, entre los que cabe destacar su tendencia a la floración es decir su entrada en producción. Las bajas temperaturas invernales son pre-requisito indispensable y factor determinante de la inducción floral (Abbot,1935), independientemente del fotoperíodo (Moss, 1969 b). También el estrés hídrico, es un factor inductor de la floración (Agustí y Almela ,1991). Experimentos de aplicación de giberelinas y anillado realizados en diferentes épocas del año han demostrado que el proceso de inducción floral se da a finales de otoño (Guardiola et al, 1982).

La formación de flores en los Citrus se debe a un proceso de desarrollo continuo, diferenciándose dos fases: la diferenciación de meristemas y desarrollo de la flor, éste último acaba con la apertura floral o antesis, siendo dependiente de las diferentes especies y variedades, como también de factores climáticos y de las prácticas culturales, (Amoros Castañer, 1995).

El número de flores y su disposición en la planta son algunos de los factores que determinan el cuajado del fruto y por lo tanto la cosecha.

Los Cítricos son plantas que florecen profusamente, produciendo un número de flores muy superior al de frutos que la planta es capaz de mantener hasta que alcancen su maduración. (Agustí y Almela, 1991).

Existen dos situaciones donde la floración está directamente relacionada con la producción.

Tanto floraciones excesivas como floraciones muy bajas determinan falta de producción, en el primer caso comprometiéndose el cuajado básicamente por un problema agudo de competencia y en el segundo por un número limitante de flores independientemente de un alto porcentaje de cuajado. En condiciones de floraciones intermedias la producción depende del cuajado.

La relación hoja/flor, el tipo de brote donde se origina el fruto condiciona las posibilidades de cuajado del mismo. Es así como en

floraciones excesivas, donde se desarrolla gran cantidad de inflorescencia sin hoja el cuajado está comprometido,(Agusti y Almela, 1991).

Como en todas las plantas, en los árboles de Citrus, intervienen tres factores que determinan el rendimiento final; el número de flores formadas, el porcentaje de cuajado y el tamaño final alcanzado por los frutos.

Cada uno de éstos factores es sometido a complejas regulaciones, involucrando aspectos hormonales y nutricionales; las tres etapas desarrolladas están interrelacionadas directa o indirectamente (Goldschmidt y Monselise, 1977).

2-2-2-1 Rol de las hormonas en la Floración

a) Giberelinas: El conocimiento de los efectos de las giberelinas y su interacción con las auxinas pronto permitieron avanzar de un modo notable en la fisiología vegetal y ha sido posible conocer muchos de los procesos fisiológicos de las plantas.

Según Guardiola (1981), la inhibición de la floración por el GA₃, así como la cosecha tardía es más fuerte en escasas floraciones que en profusas floraciones, lo que parece indicar una relación entre los niveles de floración y la sensibilidad de los meristemas a la giberelina.

Según García et al (1988), cuanto mejor es la cobertura con giberelina mayor es la inhibición de la floración. Esto fue demostrado haciendo una defoliación antes de la aplicación para mejorar la penetración del producto.

La relación entre el hábito de brotación, la floración y el cuajado de frutos, ha sido estudiada en Citrus por varios autores según Gravina et al, (1997), encontrándose que existen cultivares en los que la intensidad de floración se correlaciona positivamente con la cosecha, como es el caso de variedades típicamente alternantes y cultivares en los que no existen esa relación o es del tipo negativo (Agustí y Almela, 1991).

El tangor 'Ellendale' pertenece a éstos últimos, (Gravina et al, 1994); en estos casos el GA₃ aplicado durante el reposo invernal ha sido reportado como eficiente para disminuir la floración, (Agusti et al,

1981,1982; Guardiola et al, 1982). Con esta aplicación se incrementa la proporción de brotes con hojas lo que mejora la productividad.

Borsani et al (1992) realizaron aplicaciones invernales de GA3 (10, 15, y 20 mg /l, en junio, julio, y agosto), en árboles de 11 años de edad con un rendimiento anterior de 32 Kg./árbol. La dosis de 20 mg en junio, modificó la distribución porcentual del tipo de brotes, disminuyó significativamente el número total de flores e incrementó el rendimiento promedio por árbol en 9,4 Kg. Este mayor rendimiento se explicó por un mayor número de frutos y un mayor calibre de los mismos.

b) Auxinas: Guardiola et al (1987), observa que al aplicar auxina a plantas de mandarina ‘Satsuma’ reduce la floración de manera similar a cuando se aplica ácido giberélico. Estudios realizados en mandarina “Satsuma” demuestran que el contenido de AIA es máximo en hojas cuando es aplicado entre 5 y 10 días después de plena floración. Posteriormente su concentración desciende drásticamente, para recuperar un nuevo máximo muy inferior al primero a los 30-35 días de la floración al que sigue un descenso definitivo.

C) Citoquininas: La benciladenina acelera la brotación y provoca la aparición de inflorescencias con hojas en los primeros brotes que se producen. En los no tratados aparecen primero las inflorescencias sin hojas. Estas aplicaciones se muestran más eficaces cuando se realizan en el período de latencia y no el de crecimiento. En las variedades con dificultades de cuajado, los brotes florales tienen niveles más bajos de citoquininas que los brotes vegetativos ocurriendo lo contrario en las variedades de por si productivas (Primo Millo, 1977).

2-2-2-2 Rol de los carbohidratos en la floración

Cierta relación entre los niveles de hidratos de carbono y la floración han sido demostrados en citrus (Goldschmidt and Golomb 1982; Goldschmidt et al, 1985). La evidencia no es muy convincente dado que los experimentos con anillado, no solo trastocan los niveles de hidratos de carbono, sino también los balances nutricionales, minerales y hormonales (Monselise and Goldschmidt, 1982 ; Schaffer, 1985).

La floración en los Citrus se distribuye en diferentes tipos de brotes con hojas y sin ellas. La presencia de las hojas en el brote puede determinar la permanencia o no de la flor inicial o la caída de ésta debido a la carencia intrínseca de hidratos de carbono. Por ello, después de la antesis, y sobre todo a partir del momento que se produce la caída de pétalos, ocurre una caída masiva de ovarios. Posteriormente durante un período que se prolonga hasta diciembre o principios de enero y que coincide con un rápido desarrollo, continúan produciéndose intensas caídas de frutos pequeños. Durante este período se observan en los árboles unos frutos que crecen con más rapidez conservando su color verde oscuro y brillante, mientras otros lo hacen más lentamente, o detienen su desarrollo adquiriendo un color amarillento sin brillo. Sin embargo, en la mayor parte de las variedades sin semillas, la floración es suficiente para alcanzar una cosecha adecuada, pero la caída de flores previa a su antesis o tras ella es tan elevada que el número de frutos finalmente cosechados no supera el 10 % de las flores formadas, e incluso alcanza valores tan bajos como el 0.1 % (Goldschmidt y Monselise, 1977, Agustí et al, 1982).

A pesar de que el nivel de carbohidratos puede ser un factor limitante de la floración (Goldschmidt y Golomb, 1982), los conocimientos actuales no permiten atribuir a éstas un papel directo e inequívoco sobre la formación de flores (García, et al. 1988; Erner, 1989). En efecto aunque después de un "rayado" de ramas el nivel de estas sustancias aumenta y las ramas florecen mas intensamente (Goldschmidt, 1985), la posibilidad de que otros factores más específicos acumulados como consecuencia del "rayado" controlen la floración, no puede descartarse . Por otro lado, los resultados de Goldschmidt (1985) sugieren una respuesta cuantitativa sobre

la floración a través de un rango de concentraciones de almidón más que una respuesta de efecto o no efecto.

Según Sanz (1987), los niveles de carbohidratos en la floración persistieron altos, y el nivel de los elementos minerales tendió a un mínimo, por ello los nutrientes minerales son seguramente más probables como factor limitante para la producción de frutos.

2-2-3 Cuajado

El proceso que determina el pasaje del ovario de la flor a fruto se denomina cuajado y constituye un factor limitante de la productividad, y parece regularse por efectos inhibidores competitivos entre los órganos vegetativos y florales, o de éstos entre sí. Existen diferentes tipos de brotes en Citrus con hojas y sin ellas, la presencia de éstas se muestra como factor importante del cuajado, ya que la defoliación de brotes mixtos reduce en un 75 % el porcentaje de cuajados en éstos, cuando se comparan con los brotes sin defoliar (Agustí y Almela, 1991).

La importancia de las hojas en este proceso se basa en su capacidad de sintetizar y exportar metabolitos al fruto en desarrollo.

Mientras tiene lugar el desarrollo del brote, sus hojas actúan como fosa y reclaman metabolitos de otras partes de la planta, pero a medida que éstas maduran se convierten en órganos de exportación y son capaces de conferir al brote cierto grado de autosuficiencia en lo que al desarrollo de los frutos respecta, en clara ventaja a los situados en brotes sin hojas (Moss, 1972). Ello explica la persistencia en el árbol de los frutos situados en mejor posición (Zucconi, 1978), ya que un déficit en fotoasimilados durante el desarrollo inicial del fruto produce su abscisión (Erner y Bravdo, 1983).

En los Citrus la decisión de cuajar o abortar el crecimiento de un determinado órgano reproductivo, parece tomarse de una forma auto regulada en base a parámetros concretos y bajo distintos mecanismos de control tanto internos como externos. El inicio del desarrollo del fruto está promovido por mediadores de naturaleza hormonal, principalmente giberelinas, que pueden responder tanto a estímulos ambientales como

internos. También se señala que una vez iniciado el desarrollo, bajo condiciones normales el crecimiento del fruto está sostenido ante todo por el aporte de carbohidratos; las condiciones ambientales desfavorables, así como la escasez de carbohidratos, reprimen las señales hormonales de crecimiento y estimulan la síntesis de los compuestos reguladores de la abscisión, como el ácido abscísico y el etileno (Talón, 1997).

Estudios realizados en variedades alternantes como 'Murcott', muestran un nivel de hidratos de carbonos en forma de almidón, en hojas, ramas y raíces cuatro veces superior en árboles sin cosecha o cosecha pobre con respecto a árboles de alta producción; lo mismo ocurre con los hidratos de carbonos solubles y es más marcado aún en raíces, (Agustí y Almela, 1991).

Se puede decir que la relación entre fructificación y niveles de almidón era siempre mayor que la relación con azúcares solubles, o los niveles totales de carbohidratos.

Según Mehouchi (1995), la disponibilidad de sacarosa en los Citrus cuyos frutitos están en activo crecimiento, es determinante para la permanencia o abscisión de los mismos, confirmando lo propuesto por Jones (1970), en naranja 'Valencia'.

También Ruiz y Guardiola (1994), que estudiaron la relación entre la abscisión de frutos y la nutrición mineral y orgánica en naranja 'Washington' navel con abundante floración, reportan que se puede apreciar diferencias en el crecimiento de los frutos, lo que permite predecir una abscisión diferencial con semanas de anticipación.

Los frutos que persisten acumulan más elementos minerales que aquellas inflorescencias con abscisión de frutos, éstos últimos se desprenden del árbol al poco tiempo, mientras que los primeros en su mayoría prosiguen su desarrollo hasta alcanzar la madurez, a través del floema los elementos móviles se acumulan en los frutitos (Ruiz y Guardiola, 1994).

No todas las especies y variedades cultivadas se comportan de modo idéntico en lo que al cuajado respecta. Las variedades con semilla cuajan con facilidad e incluso en ocasiones en exceso; su problema de productividad tiene lugar los años en que la floración es escasa,

consecuencia de una cosecha anterior elevada (vecería), en los que a pesar del elevado porcentaje de cuajado (próximo en ocasiones al 100%), el número de frutos es insuficiente para alcanzar una buena cosecha. (Agustí y Almela, 1991).

Según Talón (1997), en las variedades con semilla, el desarrollo del fruto está subordinado a la presencia de éstas, mientras que en las variedades partenocárpicas el crecimiento del fruto se ha independizado totalmente de los procesos de polinización y fertilización.

Amorós Castañer (1995) describe tres épocas de caída de frutos: la primera o caída post-floración tiene lugar inmediatamente después de la caída de pétalos, la segunda llamada "caída de diciembre" (hemisferio sur), que coincide con el período de desarrollo del fruto; la tercera se produce cuando el fruto alcanza la madurez.

El desarrollo de los órganos fructíferos medidos en tamaño (diámetro, longitud, o volumen), o en peso, siguen generalmente una curva de evolución en el tiempo de tipo sigmoide. En ésta curva pueden distinguirse tres fases bien definidas:

a) fase I, de crecimiento lento que se caracteriza por ser un período de activa división celular.

b) fase II, período de crecimiento rápido debido al alargamiento celular.

c) fase III, período de maduración durante el cual se observa una tasa de crecimiento decreciente.

Según Talón (1997), el porcentaje de frutos que alcanzan la madurez siempre es muy pequeño, el 1% o menos del número de flores iniciales; la decisión de abortar el crecimiento provocando la abscisión y caída del fruto en los cítricos se toma durante la primera fase de división celular de tal forma que los frutos que superan la caída de Junio (Diciembre para hemisferio Sur), son frutos cuajados.

Según Gravina (1999), en términos generales solo un pequeño porcentaje del total de flores formadas se transforma en fruto y alcanza la maduración variando de 0,1 % al 10 %, según el cultivar.

2-2-3-1 Rol de las hormonas en el Cuajado

Aquellos frutos que por su composición o tipo de brote en el que se presentan, cuajan con mayor facilidad, poseen una mayor actividad hormonal y ésta les confiere a su vez una mayor capacidad de movilización de nutrientes (Erner y Bravdo, 1983), lo que relaciona aspectos nutritivos y hormonales en el proceso del cuajado, y pone de manifiesto la importancia de éstos últimos.

La utilización de los hidratos de carbono depende del aporte de hormonas, esto ha sido demostrado "in vitro" con explantos de endocarpo (Guardiola, 1994).

El control hormonal del cuajado y desarrollo del fruto es un proceso complejo en el que se hallan envueltos diversos promotores e inhibidores. Su balance no es constante y progresivamente se decanta a favor de éstos últimos en etapas próximas a la maduración.

Las evidencias actuales sugieren que en las variedades con semillas los estímulos externos como la polinización y la fertilización desencadenan los distintos programas genéticos que regulan el crecimiento y desarrollo del fruto, mientras que en las variedades partenocárpicas el inicio de éstos programas parece estar ligado al desarrollo, esto presupone dos tipos de control, ambiental y por el desarrollo, respectivamente, ambos tipos de regulación parecen estar mediatizados por la modulación de la síntesis de señales, fundamentalmente hormonas que activan respuestas de desarrollo y crecimiento. Una vez activadas estas respuestas el crecimiento parece estar sostenido por el aporte de nutrientes y agua. Después de haberse iniciado el período de desarrollo, frecuentemente ocurre que el aporte de nutrientes no es suficiente o que las condiciones climatológicas se tornan desfavorables; en estos casos se generan 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 (Talón 1997).

a) Giberelinas: Las giberelinas son activas promotoras de la división y elongación celular y su presencia generalmente se asocia con procesos de crecimiento; incrementan su concentración en los ovarios en desarrollo durante el período de antesis formando parte del estímulo hormonal que activa la división celular 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; en éstas últimas la aplicación exógena mejora el cuajado e incrementa el tamaño de los frutos cuando se les aplica a éstos al inicio de la fase de división celular; en variedades como la 'Satsuma' que presenta un cuajado aceptable, no hay respuesta a la aplicación exógena, (Talón, 1997).

El incremento en las giberelinas parece reactivar la fuerza de sumidero del fruto atrayendo más nutrientes, (Primo Millo, 1985; Talón, 1997).

Aunque el efecto del ácido giberélico se ha demostrado también en algunos híbridos como tangelos, en otros y en el naranjo dulce su eficiencia es muy reducida o inexistente (Agustí y Almela, 1991).

No se encontró respuesta significativa en rendimiento a la aplicación del ácido giberélico en plena floración y caída de pétalos trabajando con árboles de tangor Ellendale de 13 años de edad y baja producción (Errandonea, 1986; Gravina 1994).

En citricultura las giberelinas se emplean para:

a) controlar la floración, se presenta como técnica para corregir la improductividad en aquellas variedades cuyo elevado número de flores producidas afectan negativamente el cuajado.

b) aumento del cuajado cuando se aplican en la antesis y en algunas variedades que son propensas a producir varias floraciones, se repite la aplicación 15 días después como es el caso de la variedad 'Clemenules'. La dosis normal de uso es la de 10ppm.

Los ovarios de brotes con hoja presentan niveles superiores de giberelinas activas, mostrando mayores porcentajes de cuajado de frutos siendo además insensibles a aplicaciones exógenas; por el contrario los ramilletes de flor (sin hojas), muestran niveles bajos de giberelinas activas, y no llegan a superar la fase de cuajado (Talón , 1997).

En numerosas especies y variedades de cítricos puede incrementarse el cuajado cuando se tratan con GA3 ovarios individuales o pequeñas porciones del árbol, pero responden de forma muy diferente cuando se tratan árboles completos (Primo Millo, 1985).

b) Auxinas : Las auxinas estimulan el alargamiento celular más que la división, por lo tanto se relacionan con el proceso de crecimiento lineal del fruto. Estas incrementan su concentración en los ovarios, aunque los tratamientos exógenos de auxina para mejorar el cuajado del fruto no son eficaces, por lo que desconocemos cual es su función en los procesos de cuajado (Talón, 1997).

Concentraciones de 10 mg L⁻¹ de 2-4 D, aplicados a flores individuales cuando éstas pierden sus pétalos, aumenta el cuajado y el tamaño de frutos, en el naranjo dulce 'Washington' navel (Moss, 1972).

En los ovarios y frutos pequeños durante la antesis y cuajado del fruto, aparece una alta actividad auxínica. Los ovarios de las variedades sin semilla contiene más auxinas que las que tienen semillas. La actividad auxínica decae rápidamente con el desarrollo del fruto (Primo Millo, 1985).

c) Citoquininas: El tercer grupo de hormonas son las citoquininas, que estimulan la división celular.

Esta hormona al igual que la giberelina, incrementa su concentración en los ovarios en desarrollo durante el período de antesis como si formara parte del estímulo hormonal que reactiva la división celular y estimula el crecimiento del fruto posibilitando el cuajado de éste, (Talón 1997).

Estas hormonas tienen un importante papel en la regulación del proceso del cuajado del fruto en los agrios (Primo Millo, 1985), e incrementan el transporte de nutrientes hacia el fruto, mejorando su desarrollo (Talón, 1997).

2-2-3-2 Rol de los carbohidratos en el cuajado

El papel de las hojas no solo se centra en su capacidad de proveer de azúcares al fruto en desarrollo.

Una demostración indirecta de estos aspectos se deduce de los diversos experimentos realizados para estimular el cuajado del fruto mediante el anillado. Dicho estímulo se explica en base a los cambios en el nivel de carbohidratos (Wallerstein, 1978), elementos minerales y giberelinas (Wallerstein, 1973), que el tratamiento provoca por encima de la zona de anillado, lo que de algún modo "refuerza" el papel fuente de metabolitos de hojas y asegura la persistencia del fruto en el árbol en sus primeras fases de desarrollo.

Buenas relaciones han sido demostradas entre producción y reservas de hidratos de carbono en hojas (Jones 1970, 1974). No obstante los niveles de hidratos de carbono han sido considerados como limitantes para el cuajado por algunos autores (Hilgeman, 1967), y no han sido considerados así por otros (Jones, 1974).

La mayoría, si no toda la materia seca se incrementa a expensas de la fotosíntesis de las hojas viejas y del desdoblamiento de las reservas, mientras las hojas nuevas en desarrollo no se convierten en órganos contribuyentes (Kriedemann, 1969).

Existe una correlación entre el contenido de hidratos de carbono y la persistencia o no de los frutitos en el árbol; el almidón se acumula en las inflorescencias con hoja durante el crecimiento temprano del fruto, y ésta acumulación mejora la persistencia (cuajado). Se ha propuesto una regulación hormonal en el movimiento de hidratos de carbono entre hojas. Existen evidencias de que el ácido abscísico también reduce la movilización de carbohidratos desde las hojas.

La deficiencia nutricional de carbohidratos regula durante la caída de junio (diciembre HS), la intensidad del proceso de abscisión de frutos mediante la misma secuencia hormonal que opera en los procesos de caída de hoja. El mecanismo autoregulatorio de ajuste del número de frutos, parece coordinar la intensidad de la abscisión a través de la modulación de las señales reguladoras ABA y etileno, con la severidad de la carencia en fotoasimilados (Talón, 1997).

Antes de la floración y durante ésta, hasta la caída de pétalos hay acumulación de hidratos de carbono y minerales.

En junio (diciembre HN), hay una interrupción en la acumulación de N y pérdidas de P, K e hidratos de carbono en hojas viejas, coincidiendo con el máximo crecimiento del fruto (Sanz, 1987).

Según García et al, (1988) existe una gran caída en los niveles de hidratos de carbono en las hojas más viejas en dos momentos, de una a tres semanas antes de plena floración y otra cuando los órganos en crecimiento tienen 50% del desarrollo.

Según Goldschmidt y Golomb (1982), las hojas no son los mejores indicadores del estatus de hidratos de carbono en la planta; las diferencias

en los contenidos de hidratos de carbonos son más reflejadas por las hojas jóvenes que por las hojas viejas.

Los nutrientes parecen ejercer asimismo una función reguladora y de sostén de los procesos de crecimiento de los frutos, inducido en principio, por las hormonas. La competencia por nutrientes puede establecerse a dos niveles, competencia por fotoasimilados principalmente azúcares, y competencia por los elementos minerales (Talón, 1997).

A pesar de que existe una relación favorable entre carbohidratos solubles y floración, no es fácil demostrarlo, tampoco es fácil demostrar una correlación entre los niveles de éstos y rendimiento, (Hilgeman, 1967; Jones, 1974). Es mayor la correlación entre niveles de almidón con la fructificación que la relación de ésta con los azúcares solubles (Goldschmidt, 1982).

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 floración, condiciona el número de frutos, y por lo tanto el potencial de cuajado. La floración solamente condiciona el cuajado o bien cuando es muy escasa o bien cuando es muy intensa (Talón, 1997).

2-3 ROL DE LOS MINERALES EN LOS CITRUS

Los minerales son fundamentales para que las plantas puedan formar sus metabolitos, así como aminoácidos, proteínas etc., de aquí la importancia que podría tener el aporte de esos minerales para que su crecimiento y producción sea lo máximo que su potencial genético permitiera.

Un elemento fundamental en la nutrición de los cítricos es el nitrógeno, que es el elemento de mayor influencia en el crecimiento y producción de los Citrus; es la hoja la mayor reserva de éste elemento, en la misma se encuentra el 41% del total de la planta, un 20% en el fruto, un 28% en brotes, ramas y tronco, y un 10 % en las raíces (Agustí y Almela, 1991). La absorción del N del suelo por las raíces en los cítricos la realizan en forma de ion NO_3 en su mayor parte y en menores proporciones de NH_4 (ion amonio).

La insuficiencia de N produce árboles con escaso vigor y poco follaje, falta de producción, reducción del tamaño del fruto, frutos con piel fina y suave, buena jugosidad y tendencia a madurar antes.

Los excesos de N llevan a la existencia de árboles de gran desarrollo, hojas grandes y de color verde intenso, poco afinadas, frutos de piel gruesa, bajo contenido de jugo, retraso en la coloración, reverdecimiento prematuro en variedades tardías, y los frutos son resistentes al frío, (Amorós Castañer 1995).

Durante la primavera, el nitrógeno que reciben los ovarios y frutos en desarrollo proviene de las reservas que se encuentran en las hojas viejas y raíces. La competencia por los elementos minerales durante el desarrollo del ovario también parece limitar la productividad de algunas variedades. El requerimiento de nitrógeno de los árboles adultos alcanza su máximo durante la floración y el periodo de cuajado del fruto. El consumo de nitrógeno es máximo en primavera y se reduce posteriormente para alcanzar niveles mínimos en otoño. El consumo de fósforo y potasio sigue una evolución similar pero con cierto retraso con respecto al del nitrógeno. (Talón 1997).

El Fósforo se absorbe en las plantas como ion monovalente y en menor medida como bivalente. En la mayoría de las plantas, el fosfato es fácilmente redistribuido de un órgano a otro. Cumple una función de relevancia en el metabolismo energético del vegetal formando parte de nucleótidos. También se lo encuentra en los fosfolípidos y azúcares-fosfatos y algunas coenzimas. Las plantas con deficiencias de P tienen una forma achaparrada, con un color verde oscuro . (Amorós Castañer, 1995).

El Potasio no forma parte estructural de alguna molécula de la planta, aunque sí son requeridas grandes cantidades de este elemento para un adecuado crecimiento y desarrollo. Es un elemento esencial porque actúa como coenzima o activador de muchas enzimas. La síntesis proteica es un proceso que requiere grandes cantidades de K. Se conoce su participación en el mecanismo de apertura y cierre de los estomas y en caña de azúcar se los reconoce como acelerador de la traslocación de azúcares. En este último caso se considera que el proceso fotosintético disminuiría en caso de existir acumulación de azúcares por falta de potasio (Jones, 1988).

La falta de calcio provoca poco desarrollo del sistema radicular, en casos extremos produce defoliaciones, las plantas acusan mas los efectos del exceso de humedad, disminución del crecimiento, escasas brotaciones y entrenudos cortos.

Otro elemento que juega un papel importante en la planta es el hierro, su carencia afecta hoja y fruto; tiene elevada importancia en la fotosíntesis, interviene en forma esencial en la formación de clorofila, tal como ocurre en el magnesio, el cobre, y el manganeso. La carencia de Fe provoca detención en el crecimiento de la planta, amarillamiento de la superficie foliar, las hojas presentan un menor grosor que las no afectadas, en casos graves puede producir defoliaciones. En ramas afectadas el tamaño del fruto se paraliza después del cuajado adquiriendo color amarillento.

Las causas de éstas carencias pueden ser elevado contenido de caliza en el suelo, la no existencia o estados no asimilables, excesiva humedad del suelo y mala asimilación, y exceso de Cu, Mg, y Zn.

Un elemento de extraordinario interés es el zinc tanto por su importancia en el metabolismo vegetal como por la profusión de su carencia. La carencia de Zn provoca moteado clorótico, hojas de inferior tamaño al resto, detención parcial del crecimiento de la planta, las causas pueden ser , suelos con mucha o poca cal, exceso de P y K en el suelo, falta de materia orgánica; el magnesio suele encontrarse asociado al zinc, interviene en la formación de la clorofila y en el proceso de metabolismo vegetal (Amoros Castañer, 1995).

2-4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TANGOR ‘ELLEDALE’

En Uruguay constituye el principal cultivar de exportación del grupo de las mandarinas e híbridos llegando a mas del 29 % de la producción de mandarinas (Censo Nacional Citrícola, 1997). Madura a partir de julio - agosto, época en la que los mercados europeos, fuertes consumidores de mandarinas están desabastecidos.

Su comportamiento productivo es en general errático presentando problemas asociados a floraciones excesivas, bajo porcentaje de cuajado y por ello escasos rendimientos (Gravina, 1997).

Los brotes florales sin hojas son las inflorescencias más abundantes en el tangor ‘Ellendale’, alcanzando valores superiores al 65% de los brotes; ésta es la razón de la elevada intensidad de floración que presenta este cultivar en comparación con otras mandarinas (Guardiola, 1980).

No se han registrado en condiciones naturales porcentajes de cuajado superiores al 6% de las flores formadas, si bien la floración medida nunca

fue inferior a 45 flores/100 nudos. Floraciones de entre 15 y 20 flores cada 100 nudos se consideran adecuadas para obtener una cosecha comercialmente óptima, (Agusti y Almela, 1991).

2-5 APLICACIÓN DE I₂

Según el trabajo de Alvarado (1991), “Síntesis de las investigaciones del yodo en la vida de las plantas”, citando a Powers (1939), considera que el yodo promueve el desarrollo de la clorofila. También indica Shaw (1968), que el yodo asperjado o aplicado al suelo estimula la función clorofiliana en las plantas. Como consecuencia de una mayor intensidad fotosintética existirá una mayor producción de carbohidratos.

Picado, (1931) citado por Alvarado, (1991); irrigando cada semana con solución acuosa de Yoduro de Potasio, incrementó las reservas de carbohidratos en repollo, rábano, remolacha y caña de azúcar.

Diversos autores han citado la importancia de los hidratos de carbono para la producción. La relación de los niveles de éstos en hojas y su relación con la producción de fruta fue estudiado por Hilgeman (1967) y Moss (1972), demostrando que la floración puede mejorar y elevar la producción de fruta por la estimulación de la fotosíntesis; en relación a ésta se puede decir que si se aumenta la fotosíntesis por la aplicación de yodo libre indirectamente se podría aumentar la producción.

El I₂ tiene una acción directa en la formación de las proteínas dentro de la planta, forma iodotirosina el cual es un aminoácido funcional para ésta.

Según Alvarado (1991), las aplicaciones de I₂ a los cultivos producen los siguientes efectos fisiológicos:

- Estimula el crecimiento de raíces, tallos, y yemas.
- Aumenta la absorción de los macronutrientes y micronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

- Se produce una mayor cantidad de proteínas enzimáticas y funcionales lo que contribuye a un metabolismo normal.
- Aumenta la eficiencia fotosintética con la consiguiente formación de azúcares que son traslocados sobre todo a los frutos y semillas en formación.
- Con mayor cantidad de azúcares formados se logra mantener altos los niveles hídricos en el interior de la planta, lo que permite resistir por más tiempo los efectos de una sequía prolongada.
- Debido a que el I_2 ejercería un efecto de tal manera que proporcionaría un equilibrio fisiológico normal, las plantas están en capacidad de ofrecer una mayor resistencia al ataque de enfermedades.
- Se incrementa la producción y productividad de los cultivos y como consecuencia el agricultor recibe mayores ingresos económicos.
- Mejora la calidad de los productos cosechados.

3- MATERIALES Y METODOS

Las muestras utilizadas en el estudio fueron tomadas de árboles de tangor 'Ellendale' injertados sobre *Poncirus trifoliata L.*, ubicados en dos puntos del país; uno en la zona norte, departamento de Paysandú, con 13 años de edad, bajo riego localizado (Azucitrus) y el otro en la zona sur, departamento de San José de 12 años de edad, (Milagro S.A); todos estaban en plena producción y venían de un año de bajo rendimiento de fruta,(año off).

La aplicación de yodo libre (Q_{2000}^R) en Paysandú, se realizó el 22 de Agosto (inicio de brotación) y en San José el 14 de Setiembre, a una dosis de 250 cc de producto comercial cada 100 lt de agua, con un gasto de 6 a 7 litros por árbol, utilizando puntero a una presión de 300 Lbs.pulgada⁻¹ hasta punto de goteo.

El diseño experimental en campo fue de bloques al azar, con dos árboles por parcela, y cinco repeticiones. En cada árbol se marcó 8 ramas conteniendo madera de las 3 últimas brotaciones para evaluación de la densidad de floración y porcentaje de cuajado de fruto; se marcó un bloque extra con tres árboles por tratamiento para el muestreo del análisis de carbohidratos.

Los muestreos para evaluación de carbohidratos solubles se realizaron quincenalmente en ambas localidades; para Paysandú comenzaron a tomarse el 22/08 y para San José el 06/09.

En cada fecha, para cada ensayo, se tomaron 6 ramas terminales por tratamiento, (del testigo y de las plantas tratadas con I_2), éstas se conservaron dentro de bolsas de plástico y en refrigeración hasta su procesamiento en el laboratorio. Cada muestra de 6 ramas se las dividió en 3 submuestras completandose 3 repeticiones por tratamiento. A cada una de las submuestras se las dividió en los órganos respectivos, tallos, hojas, y brotes nuevos sin estructuras reproductivas, se obtuvo su peso fresco, se las colocó en bolsas de papel y se llevó a estufa a 70°C durante 24 horas, luego

se tomó su peso seco y se procedió a molerlas , conservándolas en refrigeración hasta su procesamiento.

A nivel de campo se evaluó la densidad de brotación y de floración, se cuantificó el número de brotes y flores cada 100 nudos.

La extracción de carbohidratos solubles se realizó de acuerdo a Mc. Cready et al, (1950) ; dicho método se describe a continuación :

Se tomó 0,1g de muestra previamente molida y seca en estufa y se colocó en un tubo de centrifuga, a lo que se le agregó unas pocas gotas de etanol 80% para humedecer la muestra y luego 2,5 ml de agua destilada, se agitó con vórtex ; luego se agregó 15 ml de etanol 80% caliente a ebullición, se tapó y se agitó con vórtex.

Se dejó reposar 5 minutos y se centrifugó durante 15 minutos a 5000 rpm, se filtró el sobrenadante con papel Whatman n° 1 en un matraz aforado de 50 ml, se repitió dos veces más las operaciones anteriormente descritas, combinando los 3 extractos alcohólicos correspondientes a cada muestra en el mismo matrás y se enrasó a 50ml con etanol 80%.

Luego de obtenidos los extractos vegetales se colocó en frascos de vidrio con tapa de rosca perfectamente identificados y se los conservó en refrigerador hasta que se procedió a su colorimetría, y hacer la lectura correspondiente en el espectrofotómetro.

Para el desarrollo de color, primero se preparó la antrona ácida, para ello se agregó 200 ml de agua destilada, 500 ml de ácido sulfúrico en baño de hielo y sal debido a que la reacción es fuertemente exotérmica, luego se agregó 1,4 g de antrona y se agitó hasta que se disolvió completamente, se conservó en un frasco oscuro y en refrigerador debido a su baja estabilidad y fotolabilidad, no almacenándose por más de una semana, como precaución.

Seguidamente, ya con el producto listo (antrona), se procedió a calibrar el espectrofotómetro, dicha operación es común a desarrollo de color , solo que con una solución de glucosa de concentración conocida, así se obtenían 5 puntos de referencia, lo que se hace cada vez que se prepara la antrona.

La solución de glucosa de concentración conocida se preparó tomando 0,05 g de glucosa pura (pesados en una balanza de alta precisión) previamente secada en estufa durante 2 horas a 90°C, colocándola en un matrás aforado y enrasándolo a 500ml con etanol 80%, obteniendo así la solución stock.

Después se preparó 5 muestras a partir de la solución stock, para la primera se tomó 10 ml de solución stock con macropipeta, se la colocó en un matríz aforado de 50 ml y se lo enrasó con etanol 80% , para la segunda se tomó 20 ml, para la tercera 30 ml, para la cuarta 40 ml, y para la quinta 50 ml , o sea que esta última es solución stock pura.

El desarrollo de color se realizó siguiendo los siguientes pasos :

Se hizo cada muestra por triplicado y dos blancos con etanol 80%.

En tubos de ensayo Pírex se colocó 10 ml de antrona y se los sumergió en baño de agua hielo y sal; luego a cada tubo se le agregó 2 ml de solución (extracto, estándar, o blanco), con macropipeta deslizándola por las paredes del tubo; de inmediato se agitó con vórtex, se dejó reposar 5 minutos, se sumergió en agua hirviendo durante 10 minutos exactos y agitándose los tubos sin sacarlos del baño.

Luego de ese tiempo se colocaron en agua a temperatura ambiente durante 5 minutos, y después se procedió a la medición de absorbancia en un espectrofotómetro (Shimadzu, modelo Spectrophotometer UV 120-02a), 625 nm.

Para obtener un litro del etanol utilizado para los extractos (80%), se colocó en un elenmeyer de 1 litro, 840 ml de etanol 96% y se enrasó a 1 litro con agua destilada.

Los resultados de brotación , floración, cuajado y concentración de carbohidratos se analizaron mediante el GLM de SAS 6.12.

4 RESULTADOS

4-1 EVOLUCION ESTACIONAL DE LOS CARBOHIDRATOS SOLUBLES

Los resultados obtenidos muestran que en hojas hay dos momentos en que los carbohidratos llegan a un máximo. El primero es cuando la planta está en plena floración y el segundo aproximadamente a los 45 días, cuando la planta se encuentra en fase de caída de frutos (Figuras 1 y 2). Este comportamiento se registró en ambas localidades, aunque los porcentajes de carbohidratos fueron diferentes. Para el caso de los tallos, en San José, siguió una tendencia similar a la de las hojas, presentando dos picos para las mismas fechas, mostrando una evolución casi paralela constantemente menor en el nivel de carbohidratos solubles. En Paysandú no se presentó el primer pico en floración, sino que desde el inicio de la brotación se verificó un leve descenso casi constante hasta el pico de noviembre. También se vio que el nivel de carbohidratos solubles en hoja siempre fue mayor que en tallo.

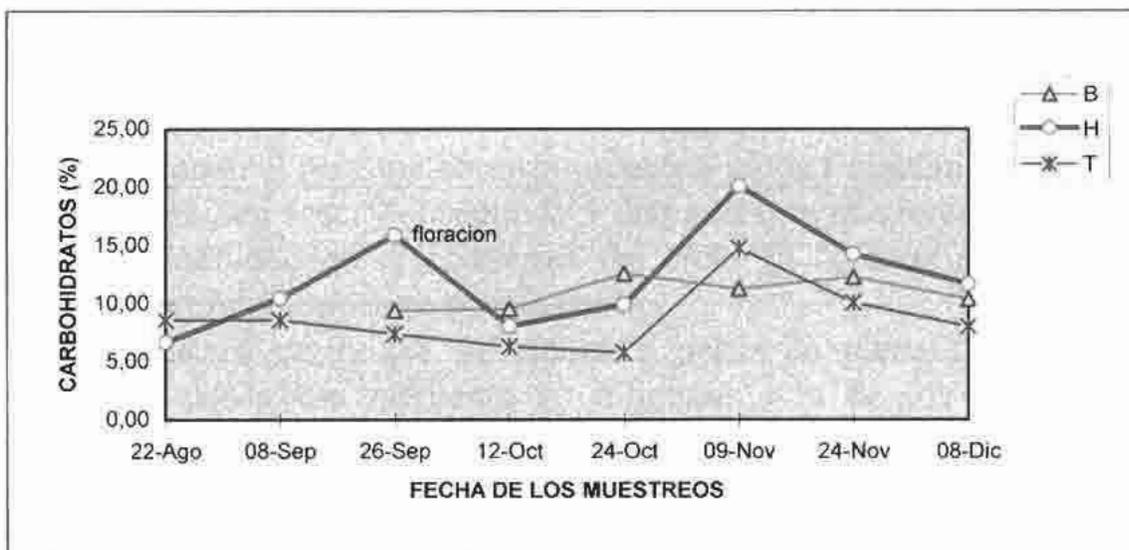


Figura 1 : Evolución del porcentaje de carbohidratos solubles en los tres órganos en estudio, en plantas testigo, 'Ellendale', Paysandú.

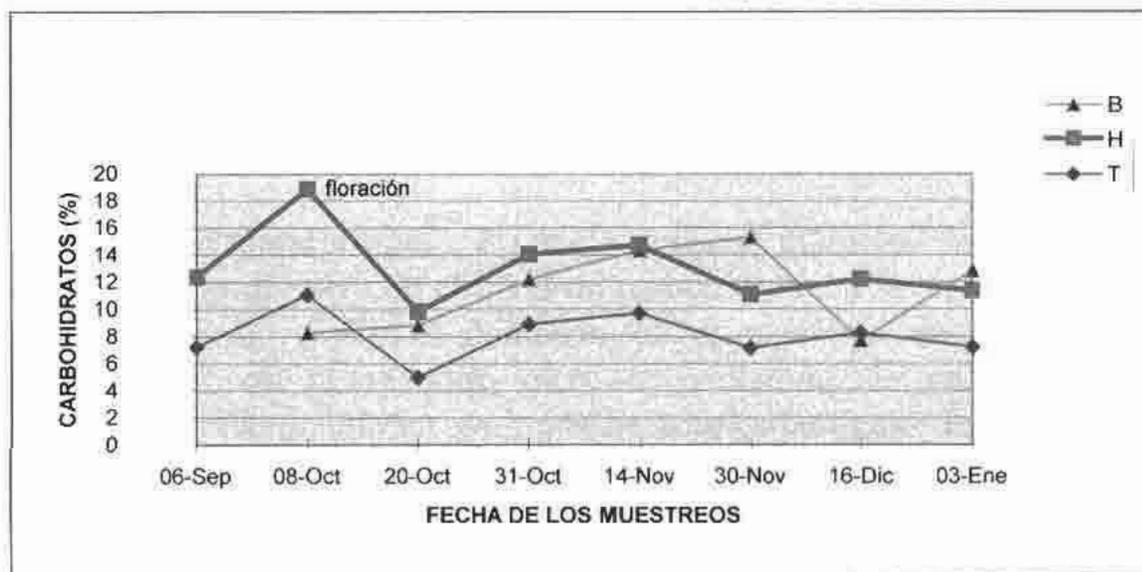


Figura N°2- Evolución del porcentaje de carbohidratos solubles en los tres órganos en estudio, en plantas testigo, 'Ellendale', San José.

El mayor contenido de carbohidratos en hoja y tallo se verifica en San José en plena floración.

En Paysandú el máximo correspondiente a plena floración ocurre 12 días antes que en San José, y el segundo 5 días antes, lo que se corresponde con un adelantamiento en el comienzo del ciclo en la zona norte debido a diferencias climáticas entre ambas zonas.

El muestreo de brotes se realiza a partir de plena floración, y su evolución desde ese momento es diferente a la de los otros órganos muestreados, también se observan diferencias entre localidades.

En San José comienza con un valor más bajo en contenido de carbohidratos y presenta un solo pico marcado luego del cuajado inicial, (30 de noviembre), y luego éste desciende.

En Paysandú comienza con un mayor valor de carbohidratos, y presenta una ligera tendencia a aumentar.

En ambas localidades los brotes y las hojas terminan prácticamente en el mismo valor de carbohidratos.

4-2 APLICACIÓN DE YODO LIBRE (Q_{2000}^R)

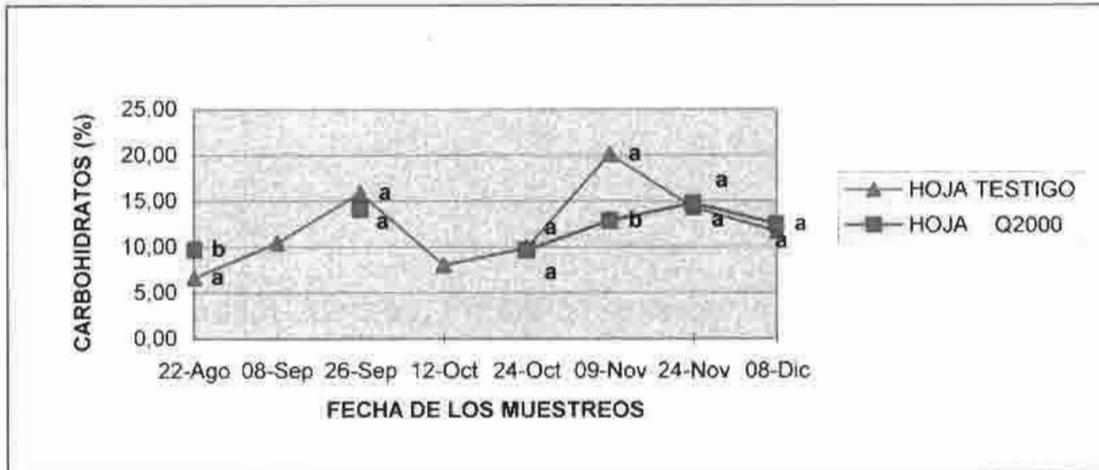
4-2-1 Niveles de carbohidratos en hojas

Para Paysandú (Figura 3), en el primer muestreo se registró una diferencia significativa en el nivel de carbohidratos a favor de las plantas tratadas con I_2 . Por el contrario en el muestreo del 9/11, que se corresponde con el segundo pico, el contenido de carbohidratos es significativamente superior en hojas de árboles testigos. En los restantes muestreos, no se verifican diferencias significativas entre tratamientos.

En San José los carbohidratos en hojas de árboles tratados muestran una evolución diferente a la verificada en Paysandú.

A nivel de tendencias, ya que no se pudo realizar análisis estadísticos en el muestreo correspondiente a plena floración (8/10). En el muestreo del 31/10 los niveles de carbohidratos pasan a ser mayores en las hojas de

plantas tratadas, incremento que se mantiene durante el resto del período estudiado a excepción del muestreo del 14/11 donde se igualan.



Letras diferentes en la misma fecha, indican diferencias significativas. (Tukey, $\alpha = 0.1$)

Figura N°3 -Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', Paysandú.

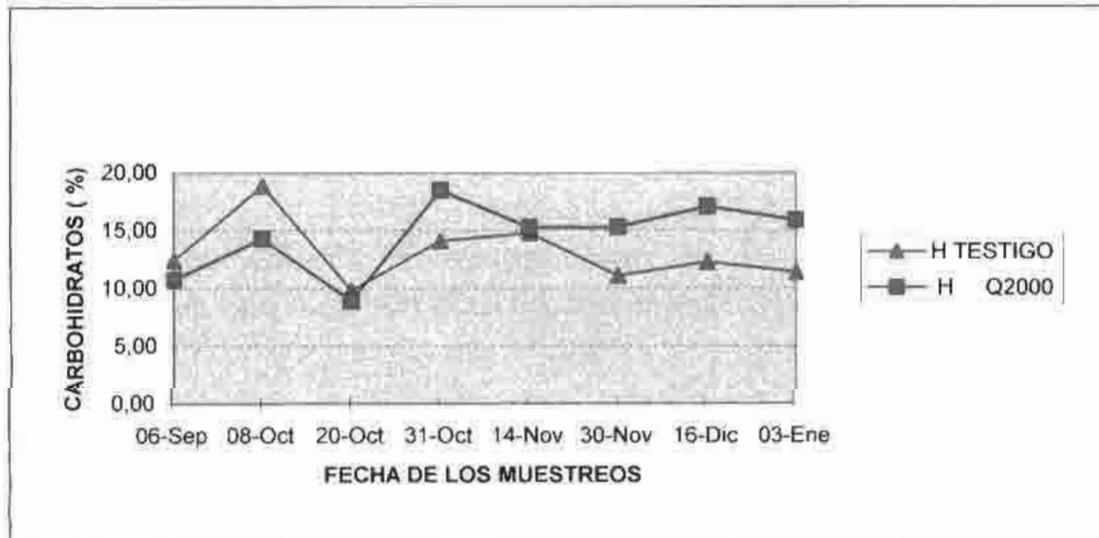


Figura N°4 - Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José .

Niveles de carbohidratos en brotes

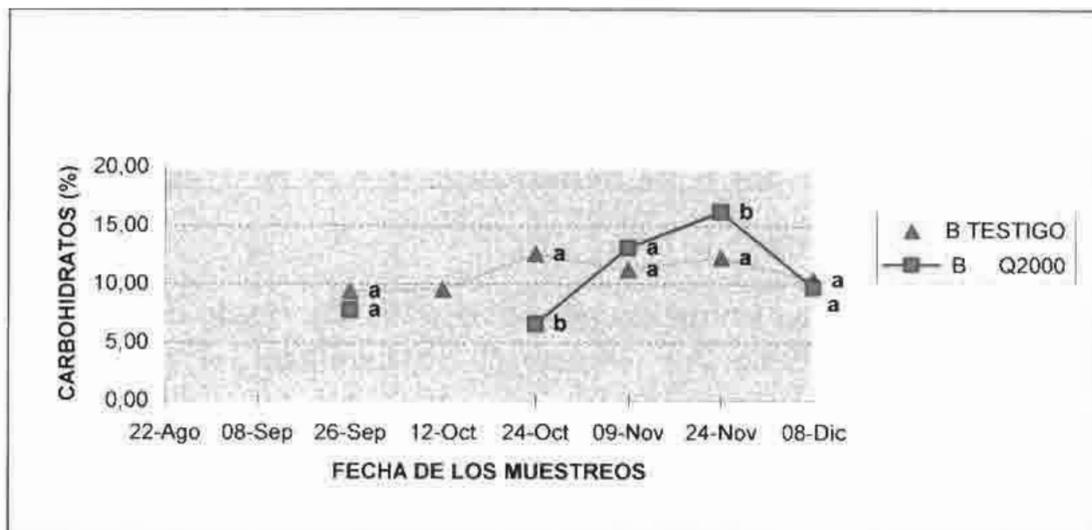
En Paysandú, (Cuadro5, Figura 5) se observó un solo pico en el nivel de carbohidratos el 24/11, en el cual los tratados superan al testigo, aunque parte de un valor al 24/10 mucho menor .

Prácticamente tanto al inicio de brotación (26/9), como al final de la toma de datos (8/12), los contenidos en carbohidratos tanto en brotes tratados, como no tratados, fueron iguales.

Los análisis de varianza revelaron que hubieron dos fechas en las cuales las diferencias fueron significativas: el primero el 24/10, en el cual el testigo superó al tratado, y el segundo el 24/11 en el cual la diferencia se invirtió en favor del tratado.

En San José se presentaron dos máximos importantes de carbohidratos de los cuales el primero (20/10), superó al testigo y en el segundo fueron iguales. Los brotes de plantas testigo inician el 8/10 con un valor superior a los tratados, solamente vuelven a superar al tratamiento en el último muestreo.

Tanto en valores absolutos como en la evolución los resultados obtenidos en San José son marcadamente diferentes a los de Paysandú.



Letras diferentes en la misma fecha, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.1$)

Figura N° 5 - Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú.

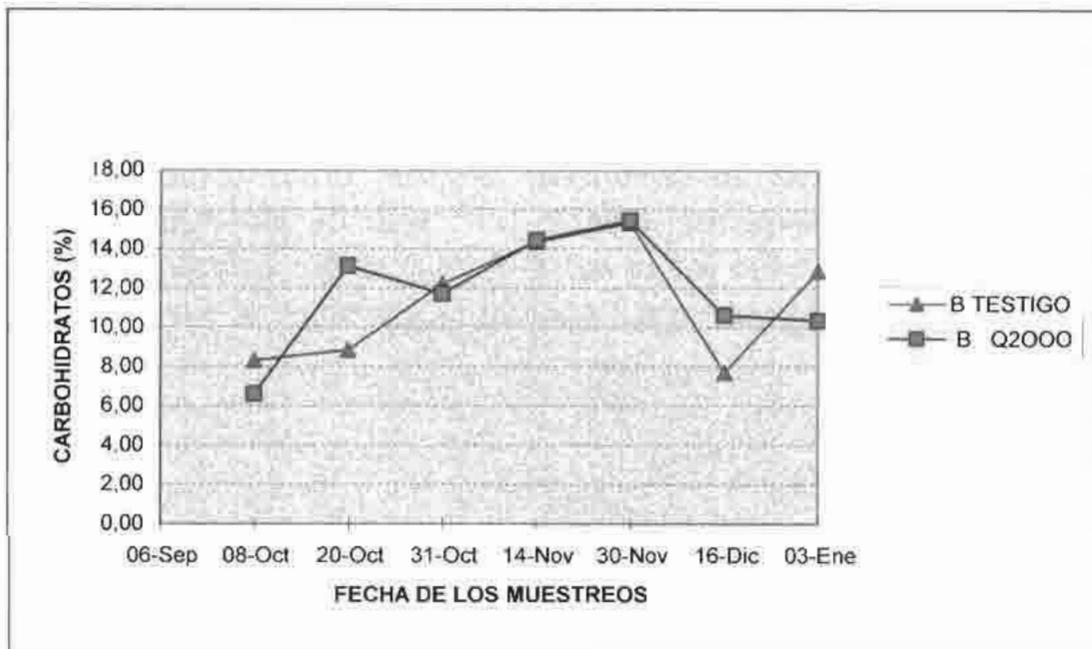


Figura N° 6 -Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', San José.

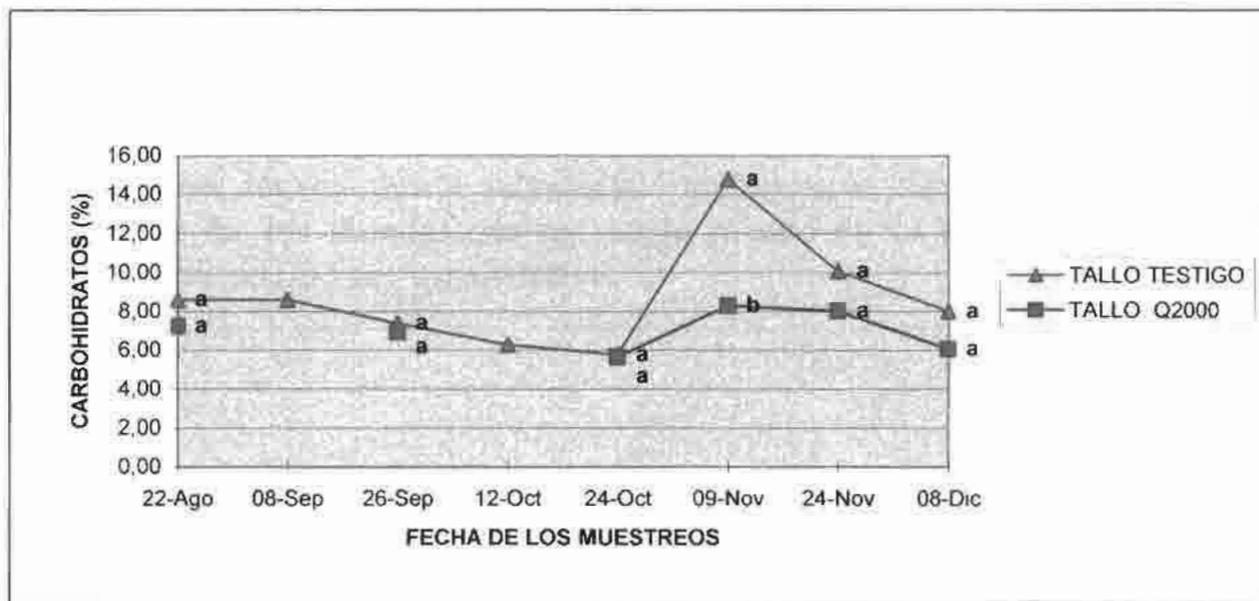
4-2-3 Niveles de carbohidratos en tallo

Se han observado diferencias significativas en respuesta a la aplicación de I_2 en la localidad de Paysandú. A su vez la evolución de los carbohidratos en los tallos de plantas testigo difieren entre las dos localidades.

En Paysandú (Cuadro 7, Figura 7), el contenido de carbohidratos en árboles tratados comienza con un valor levemente menor y luego acompaña prácticamente al testigo hasta el 24/10, no presentando hasta ese momento diferencias significativas; luego el valor de carbohidratos del testigo supera al tratado, presentando aquí si una diferencia significativa en el análisis de varianza.

En los dos últimos muestreos, la tendencia se mantiene, aunque sin alcanzar significancia.

En San José se ven claramente dos picos de carbohidratos tanto en tallos tratados como testigos, existiendo un desfase entre éstos de aproximadamente 30 días. En el pico correspondiente al 8/10 hay una mayor concentración de carbohidratos en los tallos de plantas testigo, en el segundo pico la tendencia se invierte , pero no es tan pronunciada como la primera.



Letras diferentes en la misma fecha, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.1$)

Figura N°7 - Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en tallos, testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú .

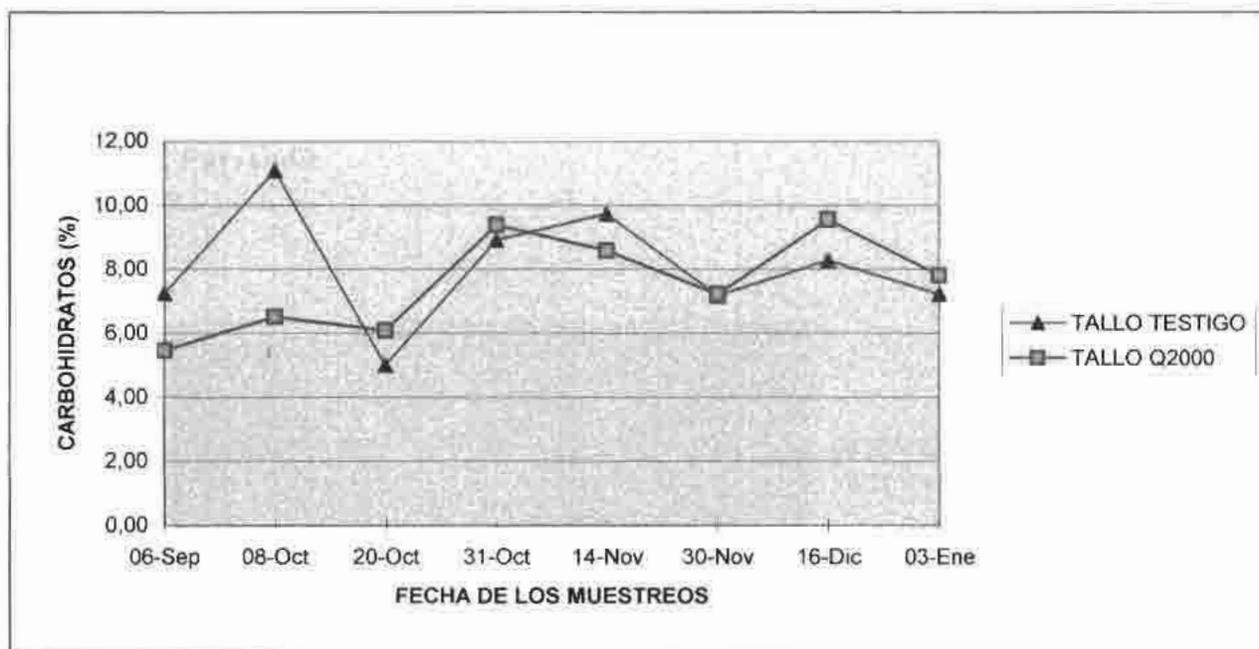
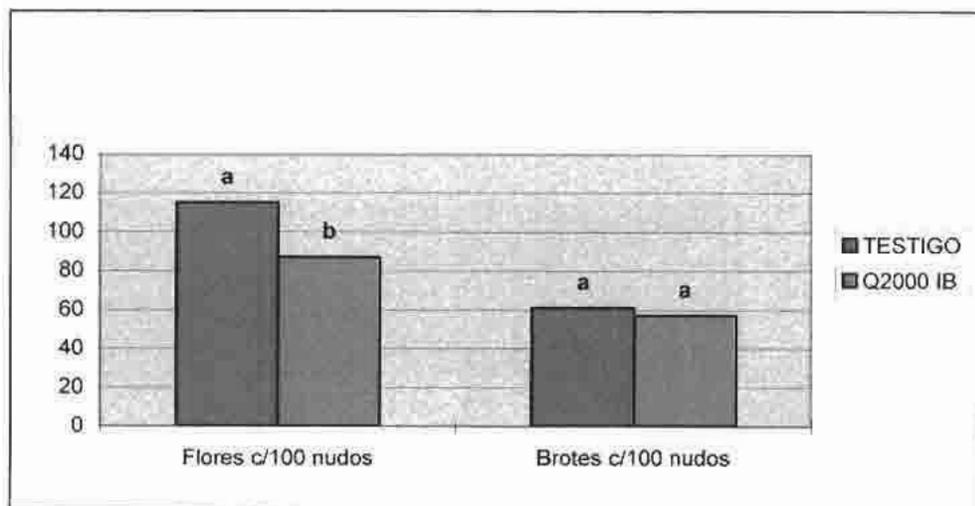


Figura N°8 - Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en tallos testigo y tratados, 'Ellendale', SAN JOSE.

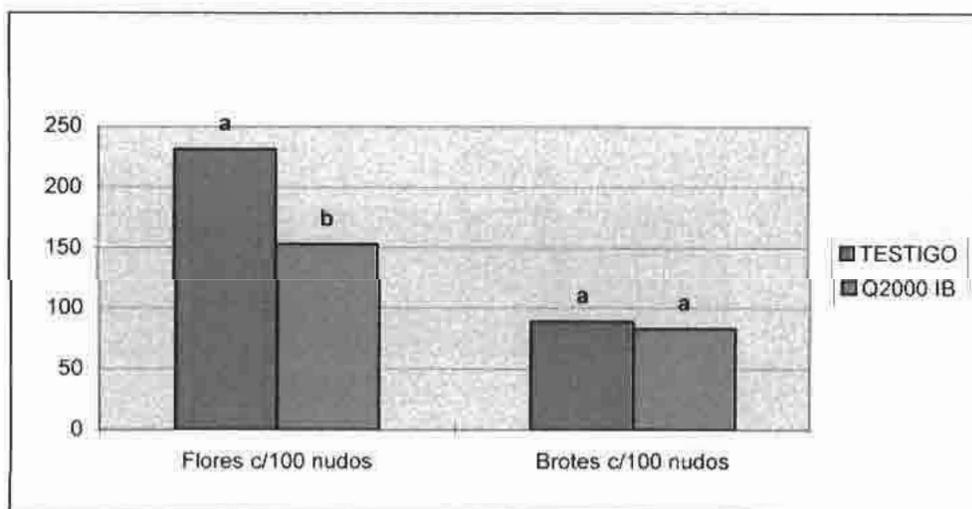
4-2-4 Influencia del I₂ en la brotación, floración, cuajado y rendimiento del tangor ‘Ellendale’.

En ambas localidades la intensidad de floración fue mayor en el testigo que en los tratados, no se vio lo mismo en la brotación cuya diferencia no resultó ser significativa.



Letras diferentes en el mismo órgano, indican diferencias significativas, (Tukey, $\alpha = 01$).

FIGURA N° 9- Densidad de floración y brotación en plantas testigo y tratadas, ‘Ellendale’, Paysandú.



Letras diferentes en el mismo órgano, indican diferencias significativas, (Tukey, $\alpha = 01$).

FIGURA N° 10 – Densidad de floración y brotación en plantas testigo y tratadas, ‘Ellendale’, San José.

4-2-4-1 Porcentaje de cuajado y rendimiento

El porcentaje de cuajado aumento en ambas localidades en plantas tratadas con respecto a las testigo.

El rendimiento final (kg/árbol) en Paysandú no pareció verse afectado; en cambio San José presentó una tendencia a favor de las plantas testigo.

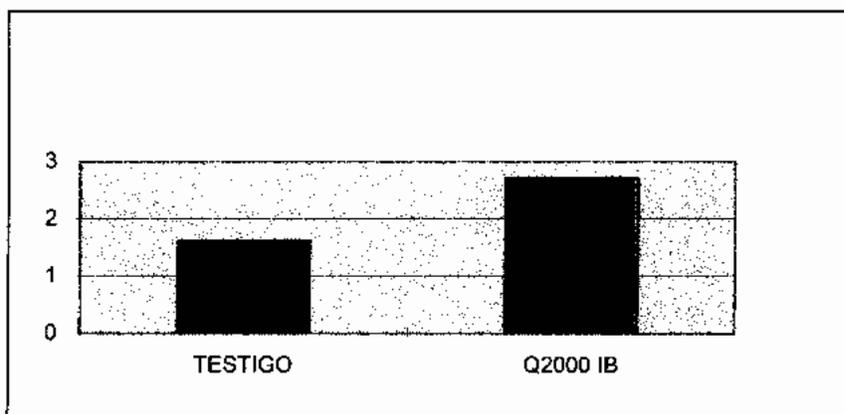


FIGURA N° 11-a- Porcentaje de cuajado, 'Ellendale', Paysandú.

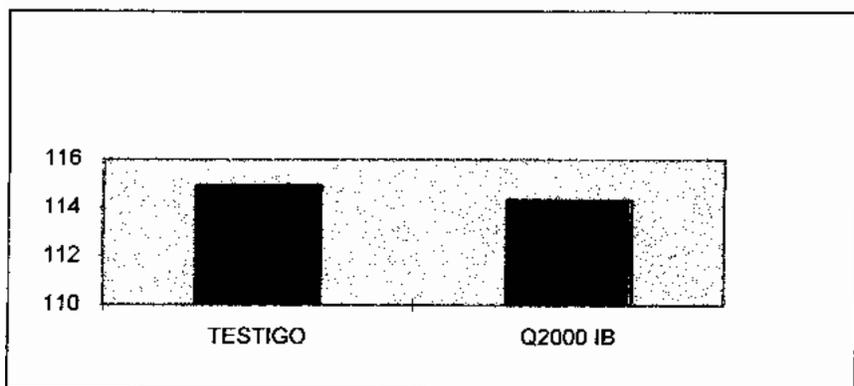


FIGURA N° 11-b- Rendimiento final expresado en kg/árbol, 'Ellendale', Paysandú.

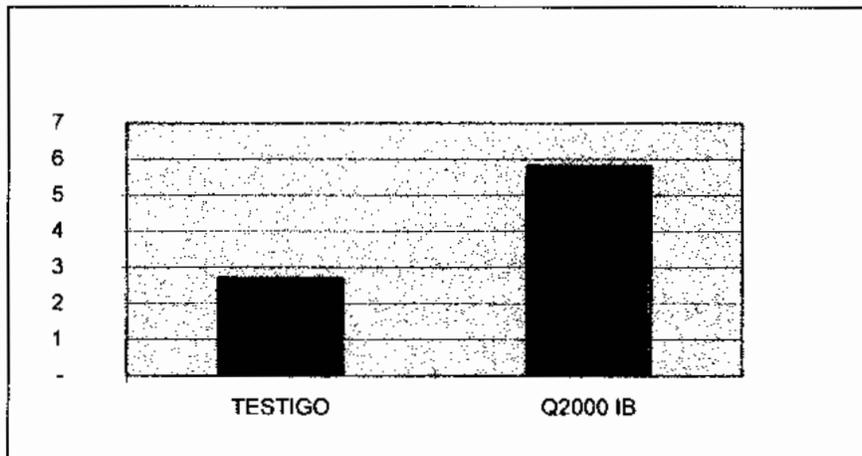


FIGURA 12-a- Porcentaje de cuajado, 'Ellendale', San José.

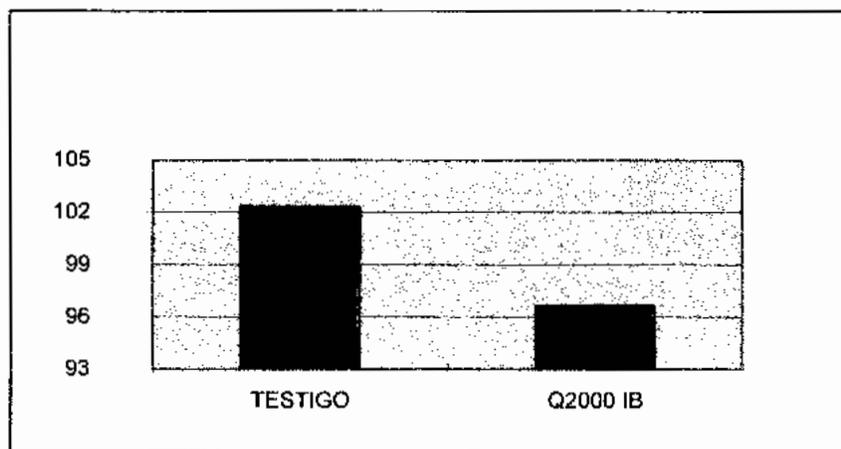


FIGURA 12-b- Rendimiento final expresado en Kg/árbol, 'Ellendale', San José.

5 DISCUSION

El contenido de carbohidratos solubles en órganos aéreos del tangor 'Ellendale', durante el flujo de crecimiento de primavera, muestra una tendencia similar en ambas localidades en estudio, aunque con algunas diferencias cuantitativas asociadas al órgano o a la fecha de muestreo. Considerando las hojas adultas, en ambos casos se verifica un primer máximo coincidente con la plena floración, confirmando la propuesta de Sanz et al (1987) de que las hojas acumulan carbohidratos solubles hasta ese momento para posteriormente translocarlos durante la post-antesis, hacia los nuevos órganos en crecimiento. Sin embargo, esa tendencia decreciente no se mantiene durante todo el período en estudio, sino que después de un mínimo correspondiente a 15 días post-antesis, se produce un nuevo aumento que culmina en el mes de noviembre. Este comportamiento puede asociarse al desarrollo de los nuevos brotes, que durante la primera fase de su crecimiento actúan como fosa, consumiendo carbohidratos y al superar el 50% de su tamaño final, se convierten en nuevas fuentes con capacidad exportadora (Ruan, 1993). Las principales diferencias verificadas entre localidades, están referidas al adelanto cronológico de ambos picos de carbohidratos en Paysandú con respecto a San José, asociados al más temprano inicio de la brotación.

En relación a la evolución estacional de los carbohidratos en brotes, el comportamiento fue diferente al observado en hojas adultas, con una tendencia a incrementarse a partir de la floración –mucho más fuerte en San José que en Paysandú-, y disminución al final de noviembre, que acompañó la fase final de abscisión de frutitos. A su vez, en Paysandú, los porcentajes de carbohidratos cuantificados en hojas fueron marcadamente superiores a los de los brotes, solamente en plena floración y durante el máximo de noviembre; en las restantes fechas evaluadas permanecieron prácticamente iguales.

El contenido de carbohidratos en tallos, siguió en términos generales una tendencia similar al de las hojas adultas, aunque siempre en concentraciones menores. Estos resultados apoyan, al menos en forma parcial, la propuesta de Goldschmidt and Golomb (1982) de que los carbohidratos solubles se encuentran en mayor concentración en hojas y brotes, mientras que en tallos y raíces, predomina el almidón. Por su parte, Kriedeman (1969) reporta que la proporción de azúcares solubles en el tronco, es menor que la del almidón.

'Ellendale' se comporta en nuestro país como una variedad de alta floración y bajo porcentaje de cuajado, con una fuerte abscisión en los primeros 60 días post-antesis, sugiriendo una alta competencia por asimilados entre los órganos en crecimiento (Gravina et al, 1997, 1998). Los resultados obtenidos en ambos experimentos, confirman esa tendencia a la alta floración y al bajo porcentaje de cuajado, aunque en San José, la densidad de la misma duplicó a la de Paysandú. Aunque no puede afirmarse la existencia de una relación causa-efecto entre el contenido de carbohidratos solubles y la abscisión de frutitos en este estudio, el incremento en carbohidratos cuantificado en hojas, brotes y tallos en ambos experimentos entre 15 y 60 días post-floración, sugiere una baja capacidad fosa de los frutitos, que estarían explicando la alta abscisión durante ese período, mencionada anteriormente. A su vez, estos resultados apoyan la propuesta de Erner (1983), quien plantea que un déficit de fotoasimilados durante el desarrollo inicial del fruto, produce abscisión. De acuerdo a Jones et al (1970) y Mehouchi et al (1995), la disponibilidad de sacarosa en los Citrus cuyos frutitos están en activo crecimiento, es determinante para la permanencia o no de los mismos.

La aplicación foliar de I_2 modificó los contenidos de carbohidratos en los tres órganos en estudio, aunque no presentó una tendencia consistente ni en las fechas ni en las localidades.

En Paysandú, a pesar de partir al inicio de la brotación de un contenido significativamente superior de carbohidratos en hojas de árboles tratados, la tendencia fue a la disminución en relación al testigo, alcanzando significancia para el muestreo del 9 de noviembre; similar comportamiento evidenciaron los tallos para la misma fecha, mientras que

al contrario, los brotes de plantas tratadas, comienzan un incremento en la concentración de carbohidratos que finaliza el 24 de noviembre con valores significativamente superiores al testigo. Esto podría indicar un efecto del I₂ en el incremento de la capacidad fosa de los nuevos brotes; si se considera la incidencia del I₂ en la brotación y floración, ésta se redujo en forma significativa con su aplicación, pasando de 115 a 87 flores/100 nudos, pero sin cambios en la intensidad de brotación. Esto implica una mejor relación hoja/flor (no cuantificada) en las plantas tratadas, modificando las relaciones de competencia entre órganos, lo que podría explicar el mayor porcentaje de cuajado cuantificado en árboles tratados. La presencia de hojas en los brotes florales mixtos o terminales, se presenta como un factor importante en el cuajado, ya que la defoliación de estos brotes reduce en un 75% el cuajado de frutitos, cuando se los compara con brotes sin defoliar (Agustí, 1991).

En San José, a pesar de que el I₂ también se comportó como un potente inhibidor de la floración, sin disminuir la brotación e incrementando el porcentaje de cuajado, la modificación en el contenido de carbohidratos no siguió el mismo patrón que en Paysandú, en los órganos en estudio, lo que no permite obtener evidencias concluyentes. Por otra parte, la falta de datos en algunas fechas para ambas localidades, así como la imposibilidad de realizar los análisis estadísticos para San José, limita la posibilidad de análisis.

Considerando el rendimiento promedio por planta y a pesar de la disminución de la floración e incremento de cuajado mencionado, la aplicación de yodo libre, no produjo modificaciones significativas en ninguno de los experimentos, no permitiendo confirmar la mejora de la productividad propuesta por Alvarado (1991) en otras especies vegetales.

Los resultados obtenidos permiten, en términos generales, evidenciar como evoluciona el contenido de carbohidratos solubles en los órganos aéreos del tangor 'Ellendale' en dos diferentes condiciones productivas. A pesar del reconocido rol en los diferentes procesos de crecimiento y desarrollo, no pudo demostrarse en forma clara, la existencia de relaciones causa-efecto de los carbohidratos solubles con la brotación, floración y cuajado de frutos en esta variedad.

Se sugiere la incorporación en futuros estudios del análisis de almidón y por lo tanto del pool de carbohidratos, como forma de aportar mayor información al conocimiento del comportamiento reproductivo de 'Ellendale'

El yodo libre aplicado al inicio de la brotación, se manifestó como un importante inhibidor de la floración en 'Ellendale', lo que no se encuentra reportado hasta el momento; sin embargo no provocó modificaciones consistentes en el contenido de carbohidratos ni en la productividad de esta variedad.

6 RESUMEN

Se estudió en dos experimentos independientes, localizados en Paysandú y San José, la evolución estacional del contenido de carbohidratos solubles en tallos, hojas y brotes de tangor 'Ellendale' [*Citrus sinensis* (L.) Osb. X *C. reticulata* Bl.] y su posible relación con la brotación, floración y rendimiento. Adicionalmente se evaluó el efecto sobre estos procesos, de la aplicación de yodo libre al inicio de la brotación.

En ambas localidades, el porcentaje de carbohidratos solubles fue mayor en hojas adultas que en tallos aunque se mantuvo una evolución similar en ambos órganos en toda la estación de crecimiento. En hojas se presentaron dos picos, que coinciden, el primero con plena floración y el segundo de 40 a 45 días después; en tallos, la diferencia se presentó en San José donde no ocurrió el primer máximo durante la floración. Los brotes de la estación evidenciaron un patrón diferente, incrementándose el contenido de carbohidratos desde plena floración hasta fin de octubre en Paysandú y fin de noviembre en San José.

La brotación y floración fue más intensa en San José, aunque esta diferencia no se reflejó en el rendimiento. No se pudo establecer una relación causa efecto entre el contenido de carbohidratos y los procesos de brotación, floración y cuajado. La aplicación de I_2 provocó algunas modificaciones en la concentración de carbohidratos en los órganos en estudio en ambas localidades, aunque no resultaron consistentes; tampoco se afectó la productividad. Sin embargo se comportó como un fuerte inhibidor de la floración, efecto no reportado anteriormente

7 SUMMARY

One studied in two independent experiments, located en Paysandú and San José, the seasonal evolution of the soluble carbohydrate content in stems, leaves and buds of tangor 'Ellendale' [*Citrus sinensis* (L) Osb x *C. reticulata* Bl] and their possible relation with the to spring, flowerig and yield. Additionally the effect was evaluated on these processes, of the application of free iodine at the beginnin of the to spring. In both localities, the percentage of carbohidrates was grater in adult leaves than in sistems although a similar evolution in both devices in all the station of growth stayed . In leaves two tips appeared, that agree, the first with total flowering and second of 40 to 50 days later; in stems, the difference appeared in San José where it did nit happen the first maximum during the flowering. The buds of the station demostrated a different pattern, being increased the carbohydrate content from total flowering to October end in Paysandú and November end in San José, although this difference was not reflected in the yield. A relation could not be established causes to effect betwen the carbohydrate content and the processes of to spring, materialized flowerig and. The aplication of I₂ caused some modifications in the carbohydrate concetration in the devices in study in both localities, although they were not consistent; the productivity was not affected either. Nevertheless effect nonreported behaved like a strong inhibitor of the flowering, previously.

8 BIBLIOGRAFIA

ABBOT C.E, (1935). "Blosson-bud differentiation in Citrus trees", Am.J. Bot. 22:476-485.

AGUSTI, M. ; ALMELA, V. y PONS, J. ; 1988. Rayado y estimulo de la floración en los agrios. Su aplicación agronómica. Actas del tercer congreso, S.E.C.H.

AGUSTÍ, M. ; ALMELA, V. 1991. Aplicación de Fitorreguladores en Citricultura. Barcelona. Editorial AEDOS. 261 p.

AGUSTÍ, M.; GRAVINA, A.; ARIAS, M.; ALMELA, V.; ARBIZA, H.; RONCA, F. 1996 . El Tangor 'Ellendale'. Comportamiento Agronómico, producción y características del fruto. Levante Agrícola. 335: 100-108.

ALVARADO, J.R. 1991 Síntesis de las investigaciones del Yodo en la vida de las plantas . Primer Congreso Latinoamericano sobre Transferencia de Tecnología del incremento de la productividad con el uso de Q2000. San Salvador, El Salvador . 13 p.

AMOROS CASTAÑER, M. 1995. Producción de Agrios.Bilbao. Editorial Mundi prensa.286p.

ARIAS, M.; SAENZ, A.; VIDAL, F. 1995. Efecto de aplicaciones invernales de ácido giberélico y rayado en floración en la productividad del tangor 'Ellendale'. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay .84p

BECERRA, S. ; GUARDIOLA J. 1986. Interrelationship between flowering and fruiting sweet orange, cv. Navelina .Proc. Int. Soc. Citric.1:190-194.

BENTANCUR, M.; TERRA, J. 1994. Nuevo Record en las exportaciones de fruta fresca. Citrus, N° 23; 7-10 CHNPC, MGAP, Uruguay.

BORSANI, O.; PATTARINO, E.; RONCA, F.; FRANCO, J.; ARBIZA, H.;CHIFFLET, M.; GRAVINA, A. 1992. Estudio de las aplicaciones invernales de GA3 en el comportamiento productivo de tangor 'Ellendale' (*Citrus sinensis* L.Osb.x *C. reticulata* Bl.). Efecto en la floración. Actas XIX Reunion Argentina de Fisiología Vegetal: 221-222.

CHNPC. Censo Nacional Citrícola.1997. Montevideo. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.100p.

CHANDE, C. 1998. Evolución de los carbohidratos solubles en órganos aéreos de tangor Ellendale (*Citrus sinensis*(L.) Osb. x *C. reticulata* Bl). Tesis Licenciatura en Bioquímica. Facultad de Ciencias.Montevideo Uruguay. 2.V.

ERRANDONEA, J. M. 1986. Efecto de la utilización del ácido giberélico y anillado en la productividad del tangor Ellendale. Tesis Ing.Agr. Montevideo Uruguay . Fac. Agronomía .120 p.

ERNER, Y. and BRAVDO. 1983 . The importance of inflorescence leaves in fruit setting of "Shamouti" orange Act. Hortic. 139:107-112.

ERNER, Y. 1989. Citrus fruti set: carbohydrate, hormone and leaf mineral relationships.In: Wright C.J.(ed).Manipulation of fruiting. London Butterworths: 233-242.

FAO Trade Yearbook . 1998.Vol 52:132.

FURR, J. AND AMSTRONG, W. 1956. Flower induction in Marsh Grapefruit in the Coachella Vallery, California. Amer. Soc. Hort.Sci. 67:176-182.

GARCIA, L.A.; FORNES,F.; SANZ, A.; GUARDIOLA, J. 1988. The regulation of flowering and fruit set Citrus.The relation to carbohydrates levels. Israel J. of Botany 37(2-4): 189-201.

GOLDSCHMIDT, E.and MONSELISE S.P. 1977. Physiological association toward the development of a Citrus fruiting model. Proc. Int. Soc. Citric., 2 :668-672.

GOLDSCHMIDT, E. and GOLOMB, A. 1982. The carbohydrate balance of alternate bearing Citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting.J.Am. Soc Hort Sci 107(2): 206-208.

GOLDSCHMIDT, E.; ASCHKENA, N.; HERZANO, J.; SCHAFFER, A.; MONSELISE, S.P. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in Citrus. Sci. Hortic. 26:159-166.

GRAVINA, A.; ARBIZA, H. y BALBI, V. 1994. Efecto de las aplicaciones de ácido giberélico y anillado sobre la producción de tangor Ellendale (*Citrus sinensis* (L) Osb x *C. reticulata* Bl), en Uruguay. Fruticultura Profesional 61:17-22.

GRAVINA, A. 1999. Ciclo Fenológico-Reproductivo en Citrus, Bases fisiológicas y Manejo. Universidad de la República . Facultad de Agronomía. 55 p.

GUARDIOLA, J.L.;AGUSTI,M.; BARBERA, J.; GARCIA,F. 1980. Influencia de las aplicaciones de ácido giberélico durante la brotación y desarrollo de los agrios. Rev. Agriquim. Tecnol. Alim.20:139-143.

GUARDIOLA, J.L. 1981. Flower initiation and development in Citrus. Proc.Int Soc.Citric., 1:242-246.

GUARDIOLA, J.L.; MONERRI,G.; AGUSTI,M. 1982. The inhibitory effect of giberellic acid (GA3) on flowering in Citrus. Physiol. Plant., 55 :136-142.

GUARDIOLA, J.L. and LAZARO, E. 1987. The effect of synthetic auxins on fruit growth and anatomical development in Satsuma mandarin. *Sci.Hortic.* 31 N°1-2:119-130.

GUARDIOLA, J. L. 1992. Fruit set and growth. 2° Int. Seminar on Citrus. Sao Pablo Brazil. 1-26. *Levante Agrícola* 321: 229-242.

HILGEMAN, R.H.; DUNLAP, J.A.; and SHARP, F.O.1967b. Effect of time of harvest of 'Valencia' oranges on leaf carbohydrate content and subsequent set of fruit". *Proc .Amer. Soc.Hort. Sci.* 90: 111-116.

JONES,C.1988. *Nutrición Mineral.* Universidad de la República. (Uruguay).Facultad de Agronomía.. Montevideo.75 p.

JONES, W.W.; EMBLETON, T.W.; STEINACKER, M.L.; CREE, C.B. 1970. Carbohydrates and fruiting of 'Valencia' oranges trees". *J . Amer. Soc. Hort. Sci.*, 95: 380-381.

JONES, W.W.; EMBLETON,T.W.; BANHART, E.L.; CREE, C.B.1974 Effect of time and amount of fruit thinning on leaf carbohydrate and fruit set in 'Valencia' oranges". *Hilgardia* 42: 441-449.

KRIEDEMANN, P.E. 1969. 14 C Distribution in lemon Plants" . *J. Hort. Sci.* , 44: 273-279.

LEWIS, L.N; COGGINS, C.W. 1964. The effects of bial bearing and NAA, on the carbohydrate and composition of Wilking mandarin leaves. *Proc. Amer. Hort, Sci.* 84:147-151.

Mc CREADY, R. M , ; GUGGOLS, J., ; SILVEIRA , V. , ; and OWENS, H. S., 1950 ."Analyt Chem".22-1156.

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 woody tissues of *Citrus unshiu*. Plant Science 107:189-197.

MOSS, G.I. 1969 a. Chemical control of flower Development in sweet orange *Citrus sinensis*. Aust J. Agric. Res. 21:233-242.

MOSS, G.I. 1969 b. “Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in swet oranges (*Citrus sinensi* L.Osbeck). J. Hort. Sci 44:311-320.

MOSS, G.I.; STEER, B.T. and KRIEDEMANN;P.E. 1972. “The regulatory role of inflorescence leaves in fruit setting by swet orange (*Citrus sinensis*) Physiol. Plant. 27:432-438.

MONSELISE, S. P.; GOLDSCHMIDT, E.E and GOLOMB, A. 1981. Alternate bearing in Citrus and ways of control. Proc. Int. Soc. Citric., 1 :239-242.

PRIMO MILLO,E.; IBAÑEZ,R.; NAVARRO, A. 1977 b. Efecto de las citokininas sobre el cuajado de la variedad de naranja ‘Navelate’ (*Citrus sinensis*(L), *Osb*). Rev.Agroquim.Tecnol.Alim.,17:388-390.

PRIMO MILLO, E. 1985. Factores que determinan el cuajado de los cítricos. Levante agrícola Nº 259-260:91-99.

RUAN, Y. 1993. Fruit set, young fruit and leaf growth of *Citrus unshiu* in relation to assimilate supply. Scientia Hort. 53:99-107.

RUIZ, R. and GUARDIOLA, J.L. 1994. Carbohydrate acid and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscission. Physiol Plant 90:27-36.

SANZ, A.; MONERRI, C.; GONZALES FERRER, J. and GUARDIOLA, J.L. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruitset". *Physiol. Plant* 69:93-98.

SCHAFFER, A.; GOLDSCHMIDT, E.; GOREN, R.; GALILI, D. 1985. Fruit set and carbohydrate status in alternate and non alternate bearing citrus cultivars". *J. Amer. Soc Hort Sci.* 110: 574-578.

SAIDHA, T.; GOLDSCHMIDT, E.; MONSELISE, S. 1985. Endogenous cytokinins from developing 'Shamouti' orange fruits from leafy and leafless inflorescences. *Scientia. Hort* 26:35-41.

TALÓN, M. 1997. Regulación del Cuajado del Fruto en los Cítricos : evidencias y conceptos". *Levante Agrícola* 338: 27-37.

THIMANN; KENNETH, V. 1958. The physiology of forest trees. A Symposium held at the Harvard Forest. pp 678.

WALLERSTEIN, I. R.; GOREN, R; MONSELISE, S.P. 1973. Seasonal changes in gibberellins like substances of 'Shamouti' orange (*Citrus sinensis* (L) Osb), trees in relations to ringin. *J.Hort. Sci.* 48:75-82.

WALLERSTEIN, I.R. , GOREN,R.; MONSELISE,S.P. 1978. Rapid and slow translocation of ¹⁴C-sucrose and ¹⁴C- assimilates in citrus and phaseolus, with special reference to ringin effect. *J. Hort. Sci.* 53(3): 203-208.

ZUCCONI, F.; MONSELISE S.P. and GOREN,R. 1978. "Growth abscission relationships in developing orange fruit. *Sci. Hort.* 9:137-146.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1- Evolución estacional de los carbohidratos solubles (% Materia Seca) en brotes, hojas y tallos en plantas testigo ; ‘Ellendale’, Paysandú.

	22-ago	8-sep	26-sep	12-oct	24-oct	9-nov	24-nov	8-dic
B			9,40	9,55	12,58	11,26	12,28	10,38
H	6,68	10,44	15,90	8,06	9,90	20,11	14,26	11,67
T	8,60	8,60	7,40	6,30	5,78	14,79	10,08	8,01

Cuadro N°2 - Evolución estacional de los carbohidratos solubles (% Materia Seca), en brotes, hojas y tallos en plantas testigo , ‘Ellendale’, San José.

	6-sep	8-oct	20-oct	31-oct	14-nov	30-nov	16-dic	3-ene
B		8,12	9,49	12,21	14,08	15,16	8,06	13,26
H	12	19,10	10,36	14,37	15,23	11,03	12,14	11,48
T	7	11,09	5,32	9,21	10,21	7,21	8,12	7,21

Cuadro N°3- Niveles de carbohidratos (%Materia seca) en hojas testigo y tratadas, ‘Ellendale’, Paysandú.

	22-ago	8-sep	26-sep	12-oct	24-oct	9-nov	24-nov	8-dic
HOJA TESTIGO	6,68 a	10,44	15,90a	8,06	9,90a	20,11a	14,26a	11,67a
HOJA l ₂		9,72b	14,08a		9,68a	12,86b	14,75a	12,47a

Letras diferentes en columnas, indican diferencias significativas. (Tukey, $\alpha = 0.1$)

Cuadro N°4 - Niveles de carbohidratos (%Materia Seca) en hojas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José .

	6-sep	8-oct	20-oct	31-oct	14-nov	30-nov	16-dic	3-ene
H TESTIGO	12,42	18,87	9,86	14,07	14,74	11,11	12,24	11,38
H I ₂	10,75	14,28	8,92	18,49	15,25	15,27	17,06	15,86

Cuadro N°5- Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú .

	22-ago	8-sep	26-sep	12-oct	24-oct	9-nov	24-nov	8-dic
B TESTIGO			9,40a	9,55	12,58a	11,26a	12,28a	10,38a
B I ₂			7,8a		6,61b	13,14a	16,2b	9,73a

Letras diferentes en columnas, indican diferencias significativas (Tukey , $\alpha = 0.1$)

Cuadro N°6 - Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en brotes testigo y tratados, 'Ellendale', San José.

	6-sep	8-oct	20-oct	31-oct	14-nov	30-nov	16-dic	3-ene
B TESTIGO		8,32	8,84	12,22	14,37	15,33	7,72	12,87
B I ₂		6,61	13,15	11,72	14,44	15,44	10,62	10,36

Cuadro N°7 - Niveles de carbohidratos (% Materia Seca) en tallos testigo y tratados, 'Ellendale', Paysandú .

	22-ago	8-sep	26-sep	12-oct	24-oct	9-nov	24-nov	8-dic
TALLO TESTIGO	8,60a	8,60	7,40a	6,30	5,78a	14,79a	10,08a	8,01a
TALLO I ₂	7,25a		6,94a		5,67a	8,30b	8,02a	6,08a

Letras diferentes en columnas, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.1$)

**Cuadro N°8 – Niveles de carbohidratos (%Materia Seca)
en tallos y testigo y tratados, ‘Ellendale’, San José .**

	6-sep	8-oct	20-oct	31-oct	14-nov	30-nov	16-dic	3-ene
TALLO	7,26	11,09	5,01	8,92	9,73	7,18	8,28	7,22
TESTIGO								
TALLO I ₂	5,47	6,52	6,09	9,38	8,58	7,23	9,55	7,82

Cuadro N° 9. Densidad de floración y brotación en plantas testigo y tratadas, ‘Ellendale’, Paysandú.

	Flores c/100 nudos	Brotos c/100 nudos
TESTIGO	115a	61a
I2 IB	87b	57a

Letras diferentes en columnas, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.1$)

Cuadro N° 10 Densidad de floración y brotación en plantas testigo y tratadas, ‘Ellendale’, San José.

	Flores c/100 nudos	Brotos c/100 nudos
TESTIGO	231 a	89 a
I2 IB	153 b	83 a

Letras diferentes en columnas, indican diferencias significativas, (Tukey, $\alpha = 01$).

Cuadro N° 11- Porcentaje de cuajado y rendimiento en Kg/árbol en plantas testigo y tratadas, 'Ellendale', Paysandú.

	%CUAJADO	Rend Kg/árbol
TESTIGO	2,00	115,00
I2 IB	3,00	114,00

Cuadro N° 12- Porcentaje de cuajado y rendimiento en kg/árbol en plantas testigo y tratadas, 'Ellendale', San José.

	% CUAJADO	Rend Kg/árbol
TESTIGO	6,00	102,00
I2 IB	3,00	97,00