

## CARACTERÍSTICAS DE LA ABCISIÓN DEL FRUTO DE NARANJA *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana

Libia E. Laskowski Ochoa<sup>1</sup>

### RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo establecer la cinética y características anatómicas de la abscisión del fruto en *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana durante el desarrollo inicial del fruto. Para el estudio se emplearon plantas de un huerto ubicado en Museros, en la provincia de Valencia, España. En 25 árboles se etiquetaron 150 brotes uniflorales con hojas y se realizaron observaciones desde anthesis hasta 104 días después de anthesis desde marzo hasta julio. Se determinó el diámetro del fruto y para el estudio histológico se realizaron cortes en fresco en micrótopo de congelación. El crecimiento en diámetro se ajustó a una curva sigmoide, registrándose una estrecha relación entre el incremento en la tasa de crecimiento del fruto y su abscisión relativa. En los frutos se identificaron tempranamente tres zonas de abscisión, una para la caída del estilo/eje floral y dos para el ovario y frutos jóvenes, las cuales se activaron a medida que progresó el desarrollo del fruto.

**Palabras clave adicionales:** Naranja dulce, caída de frutos, anatomía del fruto

### ABSTRACT

#### Kinetics of fruit drop on *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana

The kinetics and anatomy of abscission were studied during the initial development of fruits of sweet orange cv. Salustiana (*Citrus sinensis* (L)). One hundred and fifty unifloral leafy shoots were labelled in 25 trees in an orchard located in Museros (Valencia, Spain) to follow the development from anthesis to 104 days after anthesis (daa), from March to July. The fruit diameter was measured and the histology was recorded in fresh made slides from a freezing microtome. The growth in diameter followed a sigmoidal curve with a close relation between the rate of fruit growth and its relative abscission. Three abscission zones were identified early in the fruitlets; one for the drop of the style/floral axis and two for the ovary/fruitlet which activated as progress the fruit development.

**Additional key words:** Sweet orange, fruitlet abscission, fruit anatomy

### INTRODUCCIÓN

Las especies y variedades de cítricos cultivadas forman un número muy elevado de flores; sin embargo, gran parte de las flores y frutos muy jóvenes se desprenden del árbol (Guardiola, 1988; Agustí, 2000) por lo que usual es determinar el cuajado luego que la abscisión se ha detenido, 10 a 12 semanas después de la anthesis (Spiegel-Roy y Goldschmidt, 1996). En general, el porcentaje de frutos cosechados (cuajado final) depende del cultivar, del tipo de brote floral y del número de flores, pero raramente supera el 5% de las flores formadas (Guardiola, 1988; Agustí, 2000). Se considera que la abscisión de frutos es un mecanismo de ajuste del número de frutos que un

árbol es potencialmente capaz de soportar y se relaciona con la tasa de crecimiento de los frutos jóvenes y la disponibilidad de carbohidratos (García-Luis et al., 1995; Goldschmidt, 1999), así como con los niveles hormonales (Gómez-Cárdenas et al., 2000).

Zucconi et al. (1978) proponen que la abscisión no es un proceso aleatorio ya que afecta a los frutos jóvenes de menor vigor (menor velocidad de crecimiento). Sin embargo, Ruiz y Guardiola (1994) sostienen que esta relación no es estricta, ya que frutos de elevado vigor pueden presentar una reducción brusca en su velocidad de crecimiento que precede a su abscisión mientras que frutos jóvenes de menor tasa de crecimiento persisten cuando la disponibilidad de metabolitos

Recibido: Noviembre 8, 2005

Aceptado: Abril 21, 2006

<sup>1</sup> Dpto. de Ciencias Biológicas. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: libialask@cantv.net

es adecuada.

En cítricos es común encontrar dos máximos de abscisión durante el desarrollo inicial del fruto. El primer máximo se debe a la separación de flores o de ovarios que han crecido muy poco y tiene lugar en el pedicelo. El segundo máximo de abscisión ocurre aproximadamente a las 8 semanas después de la floración provocado por el desprendimiento por su base de frutos en desarrollo (Goren, 1993; Ruiz et al., 2001; García-Luis et al., 2001). Almeida (2003) en su estudio sobre cuajado en el cv. Salustiana estableció un máximo de abscisión al inicio del verano en el hemisferio norte (caída de junio), coincidiendo con una rápida utilización de las reservas de carbohidratos del árbol.

El hecho de que en los cítricos no todas las flores se desarrollen y que la mayoría de los frutos recién cuajados se caen, ha recibido considerable atención por su implicación con el rendimiento del árbol (Agustí et al., 1982; Guardiola, 1988; Guardiola y García-Luis, 1997). Considerando que la abscisión y el cuajado están estrechamente relacionados con el desarrollo del fruto, el objetivo de este estudio fue determinar la cinética y características anatómicas de las zonas de abscisión de los frutos jóvenes provenientes de brotes uniflorales con hojas de *Citrus sinensis* (L) y establecer la relación entre estas características y el crecimiento inicial del fruto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un huerto de naranjo dulce cv. Salustiana, injertado sobre patrón citrange Troyer (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf), ubicado en Valencia, España, a 17 msnm, bajo condiciones climáticas del mediterráneo, con riego, fertilización y control fitosanitario adecuados. En el huerto se seleccionaron 25 árboles similares en vigor y nivel de floración y en cada uno se etiquetaron seis brotes uniflorales con 4 a 5 hojas para un total de 150 brotes, en los cuales se determinó el crecimiento y la abscisión de los frutos jóvenes en intervalos entre 10 y 14 días, desde la antesis hasta los 104 días después de antesis (dda), al final de la caída fisiológica del fruto (caída de junio).

El crecimiento se determinó con base en el promedio del diámetro ecuatorial del ovario y

fruto medidos con un calibrador (vernier) digital con una precisión de 0,05 mm. La abscisión se calculó con respecto al número de frutos etiquetados caídos durante el estudio y para su análisis se determinaron la abscisión acumulada (AA) y relativa (AR) empleando las siguientes fórmulas:

$$AA = \frac{\Sigma \text{Frutos caídos}}{\text{Total de frutos etiquetados}} \times 100$$

$$AR = \frac{Ni - Nt}{Ni \times d} \times 100$$

donde: Ni = número de frutos al inicio de un intervalo de tiempo. Nt = número de frutos al final de un intervalo de tiempo. d = número de días transcurridos.

Durante el estudio se determinó para cada fruto la fecha de caída del estilo y el tipo de abscisión (por la base del ovario o por el pedicelo) y se realizaron cortes anatómicos de frutos jóvenes a los 11 y 21 después de antesis, a fin de caracterizar histológicamente las zonas de abscisión en fruto y pedicelo. Para el estudio histológico entre los árboles seleccionados se colectaron 10 órganos reproductivos de diámetro similar a los etiquetados. Estas muestras fueron incluidas en una mezcla de formalina-ácido propiónico-etanol (FPA) en proporción de 1:1:18 (v:v:v) y de cada una se realizaron cortes longitudinales de 20 µm luego de un proceso de rehidratación (Johansen, 1940) utilizando un micrótopo de congelación Microm HM 440E. Las secciones fueron teñidas con safranina-verde luz y observadas con un microscopio óptico con cámara digital adaptada para la toma de microfotografías.

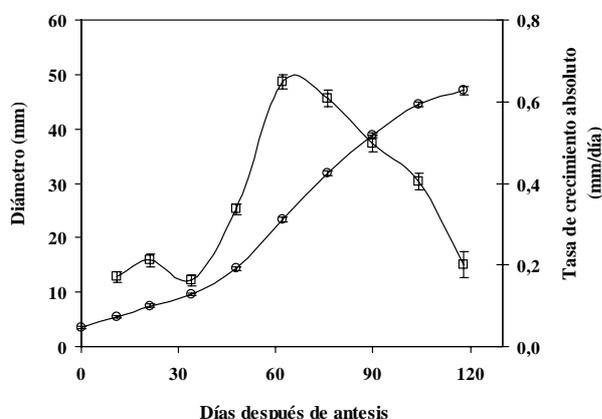
## RESULTADOS

### Crecimiento del fruto

El crecimiento inicial del fruto del cv. Salustiana se ajustó a las primeras fases de una curva sigmoideal (Figura 1) mostrando un incremento en diámetro muy lento entre la antesis y 34 dda, periodo durante el cual su tasa de crecimiento fue baja y aproximadamente constante (0,2 mm·día<sup>-1</sup>), y el diámetro se triplicó

con respecto al momento de la antesis.

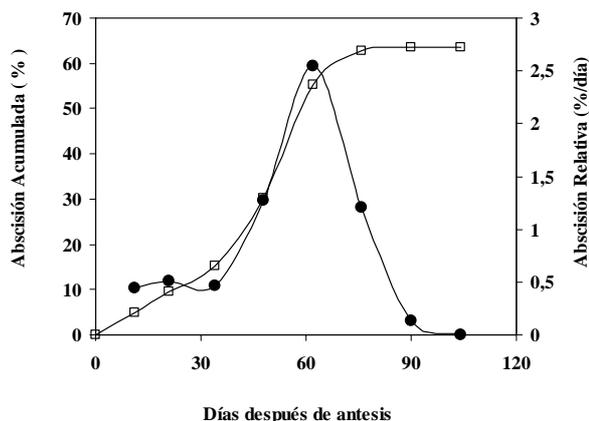
A partir del día 34 después de la antesis la velocidad de crecimiento en diámetro aumentó hasta alcanzar un valor máximo de  $0,65 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$  a los 62 dda, que se mantuvo aproximadamente constante hasta 76 dda. A continuación, el fruto joven siguió incrementando su diámetro pero a una tasa progresivamente menor, hasta que se interrumpieron las determinaciones a los 104 dda. En ese momento, la velocidad de crecimiento del diámetro fue superior a la determinada después de la antesis. El diámetro medio del fruto fue de  $44,5 \pm 0,1 \text{ mm}$ , aproximadamente, 12 veces el diámetro del ovario en antesis ( $3,51 \pm 0,04 \text{ mm}$ ).



**Figura 1.** Crecimiento inicial del fruto de *Citrus sinensis* (L) cv Salustiana. Diámetro (○), Crecimiento absoluto (□). Las barras representan el SE

### Cinética de la abscisión

La tasa de abscisión de los frutos jóvenes provenientes de brotes uniflorales fue lenta y constante después de la antesis hasta aproximadamente 34 dda (Figura 2), momento en el cual se había caído el 15% de los frutos etiquetados. A continuación, la tasa de abscisión relativa se incrementó notablemente hasta alcanzar su valor máximo a los 62 dda (3% de frutos caídos por día) y luego descendió abruptamente hasta detenerse 90 dda, a finales del mes de junio, alcanzándose una abscisión acumulada máxima del 63% durante el mes de julio. Durante el periodo comprendido entre 48 y 76 dda, coincidiendo con las dos últimas semanas de mayo y primera de junio, se desprendió el 48% del total de los frutos etiquetados.



**Figura 2.** Abscisión relativa (●) y acumulada (□) de frutos de *Citrus sinensis* (L) cv. Salustiana provenientes de brotes uniflorales ocurrida durante el desarrollo inicial

### Características histológicas de las zonas de abscisión

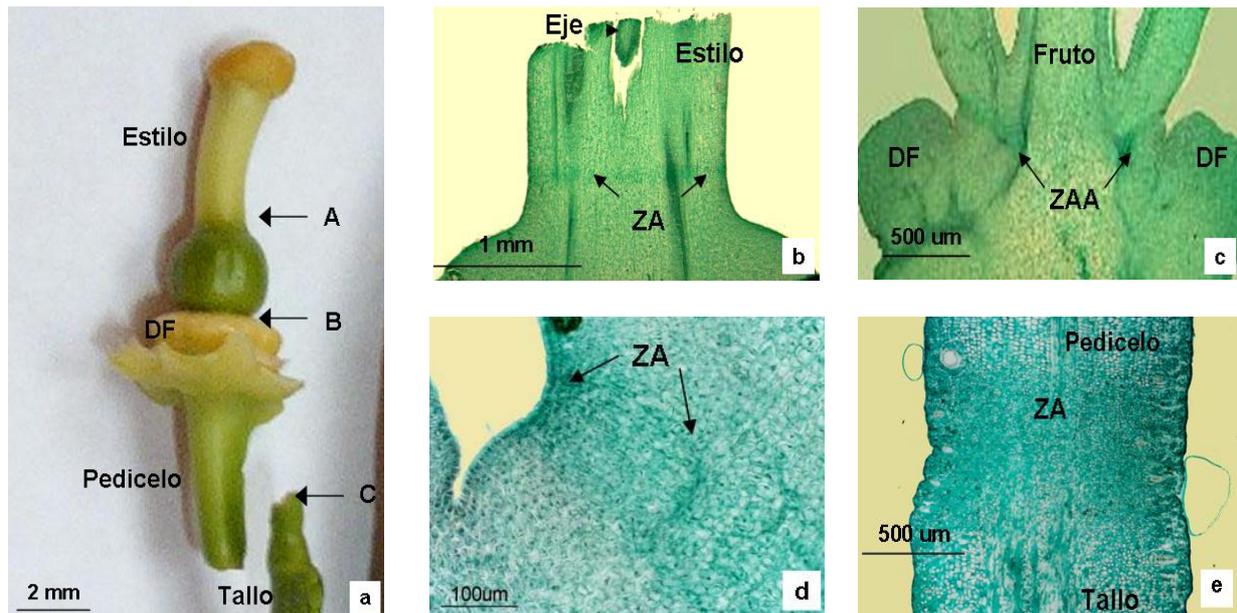
Se presentaron tres zonas de abscisión: dos en el fruto, relacionadas con la caída del estilo y del ovario y una en el pedicelo, responsable de la caída de la flor o el fruto joven (Figura 3a). Las tres zonas de abscisión pudieron ser identificadas en muestras de frutos entre 11 y 21 dda y presentaron características histológicas similares, constituidas por una franja angosta de tejido más teñido, formado por células pequeñas y de contenido citoplasmático más denso que las parenquimáticas que las rodean (Figuras 3b a 3e).

Después de la antesis, el estilo se conservó en los frutos hasta aproximadamente los 21 dda (tercera semana del mes de abril). A partir de esa fecha comenzó su abscisión que se prolongó aproximadamente hasta 62 dda (finales del mes de mayo), fecha en la cual el estilo ya se había desprendido de todos los frutos persistentes en los árboles. Esta abscisión ocurrió en la base del pistilo, aproximadamente dos milímetros por encima del fruto, donde se pudo identificar la correspondiente zona de abscisión (Figura 3b). Los cortes histológicos mostraron además que al desprenderse el estilo se llevó consigo el ápice del eje central del fruto, formado por tejido meristemático remanente del eje floral, incluido dentro del estilo (Figura 3b).

En relación a la caída del ovario y frutos muy jóvenes, desde antesis hasta aproximadamente el día 34 después de antesis, toda la abscisión

registrada ocurrió por la base del pedicelo, aproximadamente dos milímetros por encima de la unión de éste al tallo, lugar donde se identificó una amplia zona de abscisión (Figura 3e). A continuación, coincidiendo con el incremento en la tasa de abscisión a finales del mes de mayo, el desprendimiento de frutos jóvenes ocurrió tanto por el pedicelo como entre el disco floral y la base

del ovario, a nivel del disco floral (Figuras 3c y 3e) y a partir del día 62 la abscisión sólo se presentó por la base del ovario, quedando el pedicelo con el cáliz unido al tallo. La formación de esta zona de abscisión se observó en frutos muy pequeños, entre los 11 y 21 dda, progresando su diferenciación de afuera hacia dentro (Figuras 3c y 3d).



**Figura 3.** Zonas de abscisión del fruto de *C. sinensis* cv Salustiana. 3a. Pistilo y pedicelo de la flor en antesis mostrando las zonas de abscisión (ZA). 3b a 3e. Corte longitudinal del fruto de 11 dda mostrando zonas de abscisión en pistilo (3b), Fruto (3c-3d) y Pedicelo (3e). Leyenda: A= ZA del estilo; B= ZA del fruto a nivel del disco floral; C= ZA del fruto a nivel del pedicelo. DF= disco floral

## DISCUSIÓN

La cinética de crecimiento inicial mostrada por el fruto del cv. Salustiana considerando la variable diámetro ecuatorial, se ajustó a las primeras fases de una curva sigmoideal (Figura 1) similar a la observada en otras especies de cítricos utilizando esta variable (Ruiz y Guardiola, 1994; Story y Treeby, 1999). El período de crecimiento lineal mostró ser relativamente corto si se considera que el fruto de este cultivar al ser cosechado (diciembre-enero) alcanza aproximadamente el doble del diámetro (Agustí, 2000) que el registrado en julio. La disminución en la tasa de incremento en diámetro pudo ser circunstancial, relacionada con problemas de estrés hídrico durante el verano (Story y Treeby, 1999). Por otro

lado, se debe considerar que la abscisión de los frutos evaluados probablemente afectó la media del diámetro. Al respecto, Ruiz y Guardiola (1994) sostienen que los frutos con mayor probabilidad de caer muestran una marcada disminución en su tasa de crecimiento en diámetro, lo cual puede afectar tanto a los frutos pequeños como a los grandes. Este aspecto no fue discriminado en este estudio, por lo tanto los resultados reflejan el comportamiento medio de la población, sin distinguir entre el vigor individual de los frutos.

Se pudo establecer una estrecha relación entre la abscisión y la tasa de crecimiento de los frutos del cv. Salustiana (Figuras 1 y 2) observándose que el incremento en la tasa de abscisión coincidió con una marcada aceleración en el crecimiento de

los frutos jóvenes, con máximos de abscisión y tasa de incremento en diámetro en una misma fecha, aproximadamente a los 62 días después de la antesis.

En el cv. Salustiana se ha reportado que la abscisión tardía de frutos (caída de junio) coincide con una utilización rápida de las reservas de carbohidratos del árbol (Almeida, 2003) lo cual explicaría el ajuste observado entre la abscisión y el crecimiento, ya que al incrementarse la competencia por fotoasimilados es probable que sólo los frutos jóvenes de mayor vigor puedan persistir en el árbol (Goldsmith, 1999; Guardiola y García-Luis, 2000; Ruiz et al., 2001). En cuanto a su cinética, la curva de abscisión de los frutos provenientes de brotes uniflorales mostró sólo un máximo que comenzó en mayo y terminó en junio, coincidiendo con lo señalado por Almeida (2003) con respecto al período de máxima tasa de abscisión. De acuerdo con Duarte y Guardiola (1996), en algunos cultivares de naranja puede darse la abscisión como un proceso continuo.

Los resultados histológicos (Figura 3) indican que las diferentes zonas de abscisión están predeterminadas en el fruto joven, aspecto descrito por Goren (1993). El hecho que durante el período de menor caída, la zona de abscisión activa se localice a nivel del pedicelo y más tarde ésta se traslade a la base del ovario encuentra explicación en el proceso de desarrollo del tejido vascular secundario del pedicelo, ya que de acuerdo con Laskowski (2005) en el cv. Salustiana el crecimiento secundario se inicia después de dos meses desde el cuajado inicial con un incremento del tejido de sostén, lo cual dificultaría la caída del fruto por el pedicelo.

Tal como lo señalan García-Luis et al. (2001) el desprendimiento temprano del ápice del eje floral junto con el estilo (Figura 3b) es revelante en el desarrollo posterior del fruto, pues al impedirse su crecimiento apical en el interior del fruto se evita la formación de agrietamientos de la corteza por esta causa.

### AGRADECIMIENTOS

Al personal del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia, España, y Amparo García-Luis y Consuelo Monerri-Hugett por la asesoría. A la

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado por el financiamiento.

### LITERATURA CITADA

1. Agustí, M. 2000. Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
2. Agustí, M., F. García-Mari y J.L. Guardiola. 1982. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. *Scientia Hort.* 17: 343-352.
3. Almeida, A.F. 2003. Acumulación y movilización de carbohidratos durante el cuajado del fruto en el naranjo dulce Salustiana (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Tesis. Universidad Politécnica de Valencia, España. 158 p.
4. Duarte, A.M. y J.L. Guardiola. 1996. Flowering and fruit set on Fortune hybrid mandarin: Effect of girdling and growth regulators. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1: 1069-1071.
5. García-Luis, A., F. Fornés y J.L. Guardiola. 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in Citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(2): 222-227.
6. García-Luis, A., A. Duarte, M. Kanduser y J.L. Guardiola. 2001. The anatomy of the fruit in relation to the propensity of Citrus species to split. *Scientia Hort.* 87: 33-52.
7. Goldschmidt, E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for Citrus fruit development and productivity. *HortScience* 34: 1020-1024.
8. Gómez-Cadenas, A., J. Mehouchi, F.R. Tadeo, E. Primo-Millo y M. Talon. 2000. Hormonal regulation of fruitlet abscission induced by carbohydrate shortage in citrus. *Planta* 210(4): 636-643.
9. Goren, R. 1993. Anatomical, physiological and hormonal aspects of abscission in *Citrus*. *Hort. Rev.* 15: 145-182.
10. Guardiola, J.L. 1988. Factors limiting

- productivity in Citrus. A physiological approach. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2: 381-394.
11. Guardiola, J.L. y A. García-Luis. 1997. Thinning effects on Citrus yield and fruit size. Acta Hort. 463: 463 – 473
  12. Guardiola, J.L. y A. García-Luis. 2000. Increasing fruit size in Citrus. Thinning and stimulation of fruit growth. Plant Growth Regul 31: 121-132.
  13. Johansen, D. 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill. London.
  14. Laskowski, L. 2005. Desarrollo inicial y vascularización del fruto y el pedicelo de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv Salustiana. Relación con el contenido de auxinas. Tesis. Universidad Politécnica de Valencia, España. 141 p.
  15. Ruiz, R., A. García-Luis, C. Monerri y J. L. Guardiola. 2001. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. Ann. Bot. 87:805-812.
  16. Ruiz, R. y J.L. Guardiola. 1994. Carbohydrate and mineral nutrition of orange fruitlets in relation to growth and abscission. Physiologia Plantarum 90:27-36.
  17. Spiegel-Roy, P. y E. Goldschmidt. 1996. Biology of Citrus. University of Cambridge Press. Cambridge.
  18. Story, R. y M. Treeby. 1999. Short and long-term growth of navel fruit. J. Hort. Sci. Biotech. 74 (4): 464-471.
  19. Zucconi, G., S. Monselise y R. Goren. 1978. Growth-abscission relationships in developing orange fruit. Scientia Hort. 9:137-146.