

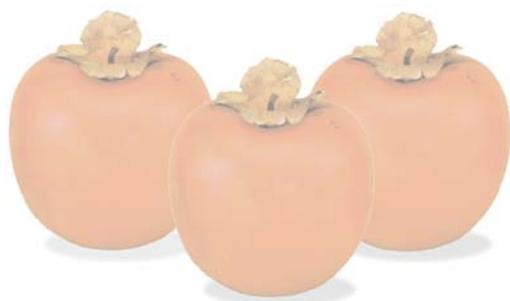


FRUITERS

## Tratamientos para retrasar la maduración del fruto del caqui (*Dyospiros kaki L.*)

*M. Agustí, M. Juan, B. Yagüe, C. Mesejo, A. Martínez-Fuentes y V. Almela*

INSTITUTO AGROFORESTAL MEDITERRÁNEO,  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA, VALENCIA



**L**a superficie mundial destinada al cultivo del caqui en el año 2000 era de unas 300.000 ha y la producción superó los 2,3 x 106 t. China (71%) es la principal productora, seguida de Corea y Japón (12%, cada uno) y destacan también Brasil (61.000 t), Israel (13.800 t), E.E.U.U., Nueva Zelanda e India. En la Unión Europea, Italia (41.907 t) y España (33.000 t) son los mayores productores (Llácer y Badenes, 2002).

En España, en los últimos años, la producción de caqui ha sufrido un fuerte incremento, destacando las provincias de Valencia y Huelva y, en menor medida, Castellón y Murcia. Esta expansión, en la Comunidad Valenciana, se debe al retroceso experimentado por los frutales de hueso tras la aparición de variedades tempranas de melocotón en Andalucía y los ataques del gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis L.*) y de la 'sharka' en albaricoquero y ciruelo (Climent y Llácer, 2001).

En Valencia, en la Ribera del Xúquer, el cultivo se ha visto favorecido, además, por el desarrollo de la variedad autóctona 'Rojo Brillante', mutación espontánea que apareció en los años 50 a partir de la antigua variedad autóctona 'Cristalino', y por la puesta a punto de técnicas adecuadas para la eliminación de la astringencia que permiten mejorar la comercialización. La creación en 1996 del Consejo Regulador de la Denominación de Origen (CRDO) "Kaki Ribera del Xúquer", también ha supuesto un paso adelante en el desarrollo de este cultivo (Llácer y Badenes, 2002). Con todos estos alicientes, desde el año 1992 al 2000 la superficie cultivada y la producción se multiplicó por más de 100 en esta comarca (Llácer y Badenes, 2002).

El 70% de la cosecha de caquis producida en toda España se exporta, siendo los principales países receptores Alemania (alrededor del 50%), Francia (20%), Holanda (10%) y Brasil (5%) (Llácer y Badenes, 2002). El consumo en Es-

paña se realiza principalmente en fresco, tras la maduración artificial, estando poco desarrollada su transformación industrial.

El fruto del caqui es, botánicamente, una baya coronada por un cáliz cuadrilobulado que persiste durante todas las etapas de su crecimiento. La presencia del cáliz es esencial, pues en sus lóbulos se dan procesos enzimáticos y hormonales que regulan el desarrollo del fruto, la respiración, la transpiración y la translocación de sustancias nutritivas; si se separan los lóbulos calicinos del fruto su crecimiento queda inhibido (Yonemori, *et al.*, 1995).

La formación del fruto se produce por vía partenocárpica en los cultivares desarrollados en España, lo que es la causa principal de una notable caída de frutos (35-40%) durante los meses de julio y agosto, debido a la falta de los estímulos hormonales proporcionados por las semillas (Yamamura *et al.*, 1976). Sin embargo, esta caída no afecta a la producción final, y el resultado es un óptimo calibre co-

mercial del fruto y la ausencia de vecería (Ragazzini, 1985).

El crecimiento del fruto es sigmoidal y se produce por el aumento de tamaño celular más que por la división celular, ya que ésta se halla prácticamente completada en el momento de la antesis (Ragazzini, 1985). Al inicio de su crecimiento el fruto es de color verde oliva y poco antes de su maduración la degradación de clorofilas y la síntesis de carotenoides promueven el cambio de color que pasa por una coloración amarillenta, más tarde anaranjada y finalmente roja característica de los frutos maduros (Ragazzini, 1985).

En el campo, el índice de maduración utilizado por el agricultor para determinar el momento de la recolección es, casi exclusivamente, el color del fruto. De hecho, en los Criterios de Certificación del C.R.D.O. "Kaki Ribera del Xúquer", revisados en 1999, se fija el momento de la recolección cuando el fruto haya alcanzado el valor 4 de la tabla de color, sin permitir que se produzca una sobremaduración en el árbol. Esto se traduce en que los frutos deben ser recolectados con una coloración amarillo-anaranjada suficiente si se quiere forzar su maduración sin problemas.

Además del cambio en el color, durante la maduración se producen variaciones en el aroma y en el sabor de los frutos. El primero se incrementa por la producción de compuestos orgánicos volátiles. El segundo es consecuencia del descenso de la acidez de la pulpa simultáneo al aumento de la concentración de los sólidos solubles totales, consecuencia de la hidrólisis de sacarosa en fructosa y glucosa (Mowat y George, 1996). En el caqui maduro la concentración de azúcares alcanza el 20% del contenido en ácidos orgánicos destaca el ascórbico o vitamina C, que se encuentra, principalmente, en su piel (Climent y Llácer, 2001).



Foto 1. Aspecto de un fruto de caqui en el momento óptimo para la aplicación de ácido giberélico o nitrato cálcico para retrasar su coloración.

En el tejido parenquimático que forma el mesocarpo, los frutos de cultivares astringentes de caqui albergan células especializadas que contienen taninos en forma soluble (Mowat y George, 1996). Estos compuestos confieren una fuerte

astringencia a los frutos, que desaparece gradualmente (Ragazzini, 1985).

Para eliminar la astringencia, los caquis se someten a una atmósfera de 5000 ppm de etanol, con una humedad relativa del 90% y

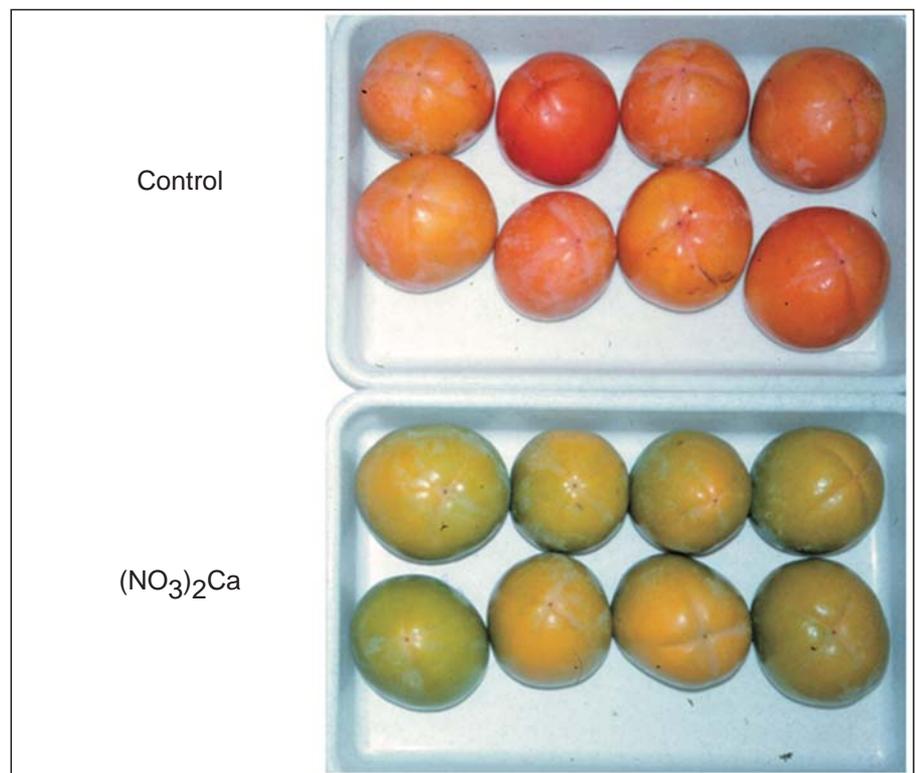


Foto 2. Aspecto de los frutos de caqui tratados con nitrato cálcico (2%) en comparación con frutos sin tratar en el momento de la maduración de éstos (14 de noviembre). Fecha del tratamiento: 13 de octubre. Año 2000

una temperatura de 20°C, durante 2 a 4 días; en este caso la astringencia es eliminada sin pérdida de firmeza del fruto (Catalá *et al.*, 1998). La exposición del fruto a una temperatura de 20°C y una atmósfera de 80% de CO<sub>2</sub> o de 10 ppm de etileno, también elimina la astringencia, pero disminuye la resistencia del fruto al manipulado y transporte (Shiesh *et al.*, 1999; Climent y Llácer, 2001).

La aplicación de giberelinas se ha utilizado con éxito para retardar la maduración de los frutos, tanto climatéricos como no-climatéricos. Así, el tratamiento con giberelinas de naranjas, limones, mandarinas, plátanos, tomates, cerezas, granadas, ciruelos, melocotones, nectarinas y albaricoques, retrasa la pérdida de clorofilas y la síntesis de carotenoides (ver Lurie, 2000, para mayor información).

En el caqui la aplicación de ácido giberélico se ha utilizado con éxito en el cv. 'Triumph', para retrasar la recolección en 10-15 días (Ben-Arie *et al.*, 1986). El retraso en la senescencia de las hojas y su efecto sobre la floración siguientes no han sido, sin embargo, convenientemente estudiados.

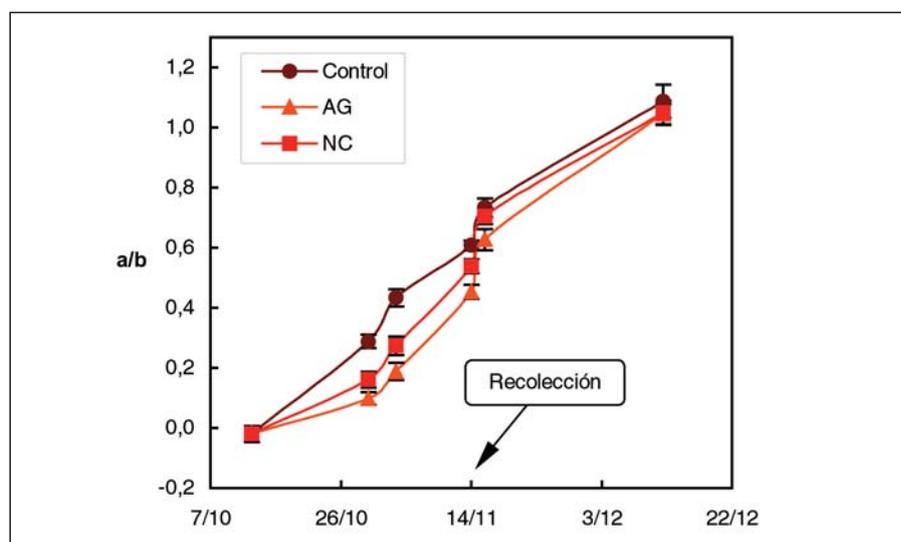
En citricultura, también se emplean algunos elementos minerales para retardar la maduración por la acción sinérgica que presentan sobre ácido giberélico estimulando su efecto en el retraso de la degradación de las clorofilas. Los compuestos nitrogenados se han apuntado eficaces en este sentido (Agustí y Almela, 1991). La presencia del ión nitrato en un medio que contenga sacarosa inhibe la coloración promovida por el azúcar en la corteza del fruto en cultivo *in vitro*, lo que demuestra la interacción del nitrógeno en este proceso (Huff, 1983). En algún caso, la aplicación de sales de calcio se ha mostrado eficaz para retrasar la coloración de las mandarinas (Jackson *et al.*, 1992) y en

manzanas, tomates, aguacates y papayas, incrementar los niveles de calcio en los frutos retrasa el ablandamiento de los tejidos, manteniendo así la calidad de los mismos (Qiu *et al.*, 1995).

El cultivo del caqui en la Comunidad Valenciana se está dirigiendo casi exclusivamente al desarrollo de la variedad 'Rojo Brillante', por sus excelentes cualidades organolépticas y de tamaño (Llácer y Badenes, 2002). Los otros dos cultivares de importancia en nuestro país, 'Tomatero' y 'Triumph' ('Sharon'), el primero más precoz y el segundo más tardío, están siendo desplazados progresivamente, ya que ambos tienen

escaso tamaño y son menos requeridos por el mercado (Hernandiz, 1999). Esto conlleva una casi nula diversificación en las variedades cultivadas y, por lo tanto, una saturación de los mercados en un corto período de comercialización.

El período de maduración comercial del caqui 'Rojo Brillante' es relativamente limitado, desde principios de octubre a mediados de noviembre. Y lo es más aún si se tienen en cuenta dos aspectos clave: que la mayoría de la producción de caquis se destina a la exportación y que la aceptación del fruto en el mercado nacional está siendo promovida gracias a campañas que presentan el fruto comercializado

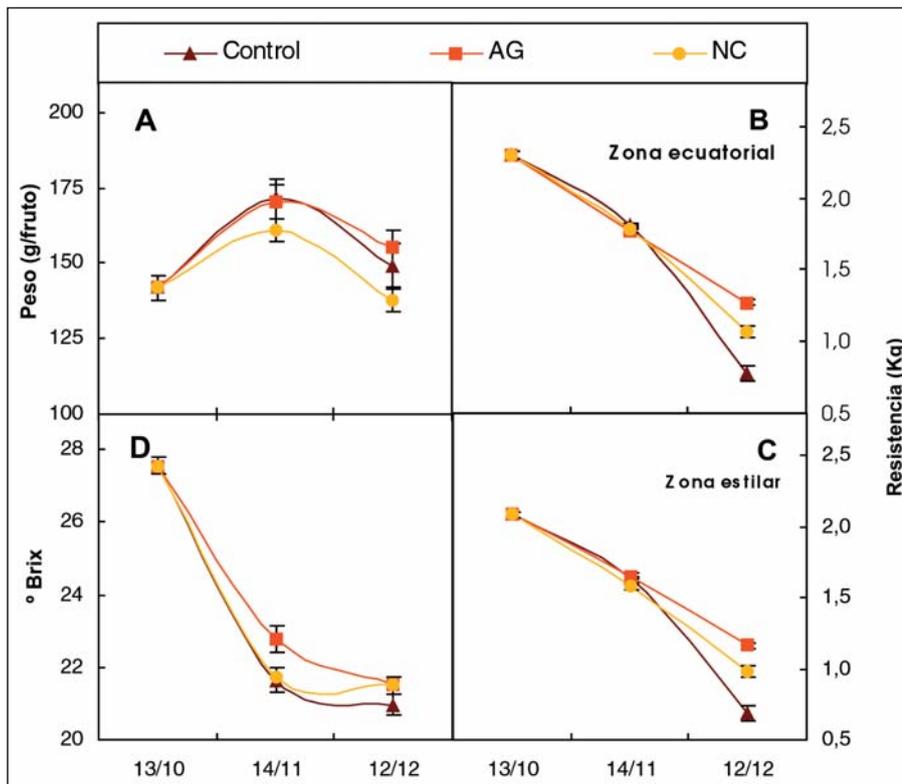


**Figura 1.** Evolución del color en frutos de caqui, cv. 'Triumph', tratados con 10 mg l<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> (AG) y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (NC) a una concentración del 2%. Las letras **a** y **b** son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el ES. Tratamientos realizados el 13 de octubre. Valores correspondientes al año 2000.

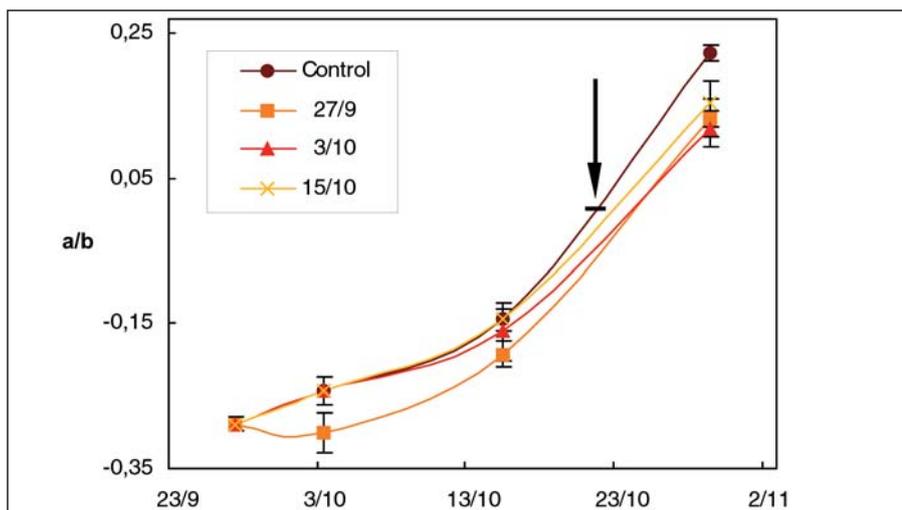
con una textura dura. Ambas consideraciones, unidas a que el caqui es un fruto climatérico y madura rápidamente, implican que el fruto debe ser recolectado en un momento de su maduración, que permita este tipo de comercialización.

El hecho de que el caqui se coseche "verde", sin que haya sufrido la sobremaduración que elimina su astringencia de forma natural, obliga a someterlo a tratamientos que la eliminen tras la recolección. En las zonas citrícolas, estos trata-

mientos se llevan a cabo en las mismas cámaras usadas para la desverdización de los cítricos, coincidiendo parte de la producción de cítricos con la producción de caquis en las cooperativas que los confeccionan y comercializan. Se genera así una masificación de entrada de ambos frutos en las cámaras que requiere de la existencia de suficiente espacio acondicionado para evitar que se produzcan importantes mermas en el volumen que llega a comercializarse. El in-



**Figura 2.** Influencia de la aplicación de ácido giberélico ( $10 \text{ mg l}^{-1}$ ) (AG) y nitrato cálcico (2%) (NC) sobre la evolución de las características del fruto maduro del caqui, cv. 'Triumph'. Fecha de los tratamientos: 13 de octubre. Fecha de la recolección: 14 de noviembre. Las barras verticales indican el error standard. Cada valor es la media de 12 frutos. Valores correspondientes al año 2000.



**Figura 3.** Influencia de la época de aplicación sobre la evolución del color de los frutos de caqui, cv. 'Triumph', tratados con  $10 \text{ mg l}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ . Las letras **a** y **b** son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el error standard. La flecha indica el momento del cambio de color de los frutos sin tratar. Valores correspondientes al año 2001.

vas, permitan un mejor manejo de la producción.

### ELECCIÓN DE UNA SUSTANCIA EFICAZ PARA RETRASAR LA MADURACIÓN

La aplicación de ácido giberélico o nitrato cálcico al inicio del cambio de color del fruto (Fotografía 1) retrasa significativamente la coloración del fruto del caqui. En nuestros experimentos, quince días después del tratamiento la coloración de los frutos control, expresada por la relación *a/b* de las coordenadas Hunter, ya difería significativamente de la de los frutos tratados con ácido giberélico ( $10 \text{ mg l}^{-1}$ ) o con nitrato cálcico (2%) (Figura 1). Estas diferencias se mantuvieron durante un mes aproximadamente, de modo que, en el momento en que se decidió la recolección de los árboles control (14 de noviembre), sus frutos presentaban una relación *a/b* de 0,61, frente a 0,45 de los frutos tratados con ácido giberélico y 0,54 de los tratados con nitrato cálcico (Fotografía 2). A partir de dicha fecha, las diferencias fueron perdiéndose progresivamente y desaparecieron treinta y cinco días después (Figura 1).

Las diferencias entre las dos sustancias aplicadas, ácido giberélico y nitrato cálcico, sólo alcanzaron la significación estadística un mes después de su aplicación, siendo su comportamiento, hasta entonces y posteriormente, prácticamente igual.

La aplicación de ambas sustancias, a las concentraciones señaladas, no tuvo efectos significativos sobre el tamaño del fruto en el momento de la recolección (14 de noviembre) (Figura 2A), y una respuesta similar se obtuvo respecto a la resistencia del fruto, tanto de su zona ecuatorial (Figura 2B) como estilar (Figura 2C), y de la concentración de sólidos solubles totales (Figura 2D). Tras la recolección, la

terés por ampliar el período de recolección es, por tanto, evidente. Y para ello es necesario modificar la época de maduración, objetivo que puede conseguirse esencialmente por dos caminos: a) Aumentando la gama varietal del caqui con cultivares que, teniendo característi-

cas organolépticas y tamaño óptimos, presenten precocidad o retraso en su maduración; b) Controlando la maduración de las variedades de caqui en cultivo mediante la realización de tratamientos adecuados que, promovidos y regulados por las cooperati-

resistencia al punzamiento de los frutos permaneció significativamente más elevada en los tratados, al menos durante los veinticinco días siguientes que duró nuestro experimento, sin que entre ellos se detectaran diferencias significativas (Figura 2B y C).

### \* Aplicación de ácido giberélico

La aplicación de  $10 \text{ mg l}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$  veinticinco días antes del cambio de color retrasó significativamente la coloración del fruto. Una semana después del tratamiento, la diferencia con los frutos sin tratar fue máxima, y esta diferencia persistió hasta la recolección (Figura 3). El retraso en el tratamiento redujo la respuesta inmediata, pero no el efecto final; de modo que aplicaciones siete o veinte días más tarde presentaron efectos similares en el momento de la recolección (Figura 3).

El efecto logrado por el  $\text{GA}_3$  sobre el retraso en la coloración del fruto depende también de la concentración aplicada. Concentraciones crecientes entre 0 y  $50 \text{ mg l}^{-1}$  presentaron una respuesta a su vez creciente. En todos los casos la respuesta fue inmediata, aunque con diferencias significativas para concentraciones de  $30 \text{ mg l}^{-1}$  o superiores (Figura 4); pero en el momento de la maduración, la dependencia de la concentración resultó evidente, siendo los frutos más verdes cuanto mayor había sido la concentración de  $\text{GA}_3$  aplicada. De acuerdo con nuestros resultados, la respuesta expresada por la relación a/b de las coordenadas Hunter se satura para  $30 \text{ mg l}^{-1}$ , no presentando la aplicación de concentraciones superiores diferencias adicionales significativas (Figura 4). Bajo un punto de vista práctico, el tratamiento supone un retraso de unos 10 días respecto de los frutos sin tratar.

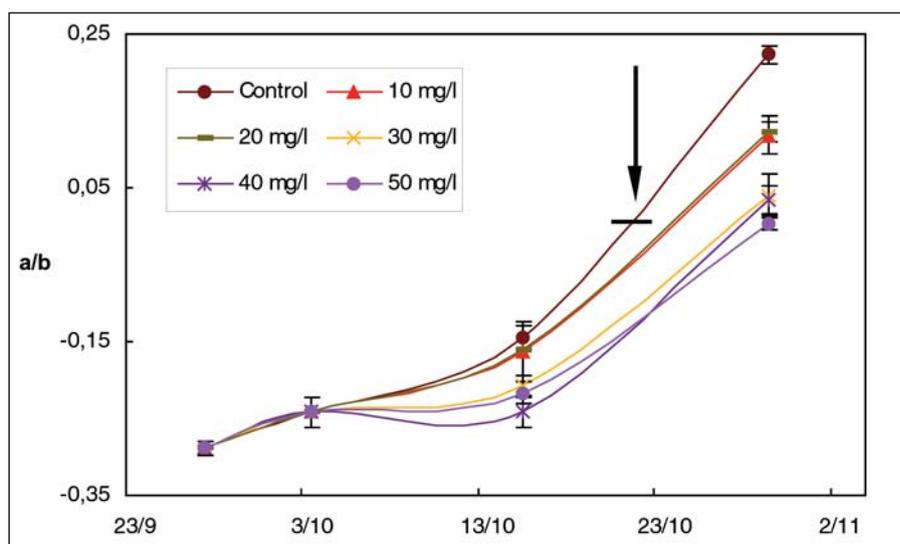


Figura 4. Influencia de la concentración de  $\text{GA}_3$  sobre la evolución del color de los frutos del caqui, cv. 'Triumph'. Fecha de los tratamientos: 3 de octubre. Las barras verticales indican el error standard. La flecha indica el momento del cambio de color en los frutos de los árboles sin tratar. Valores correspondientes al año 2001.

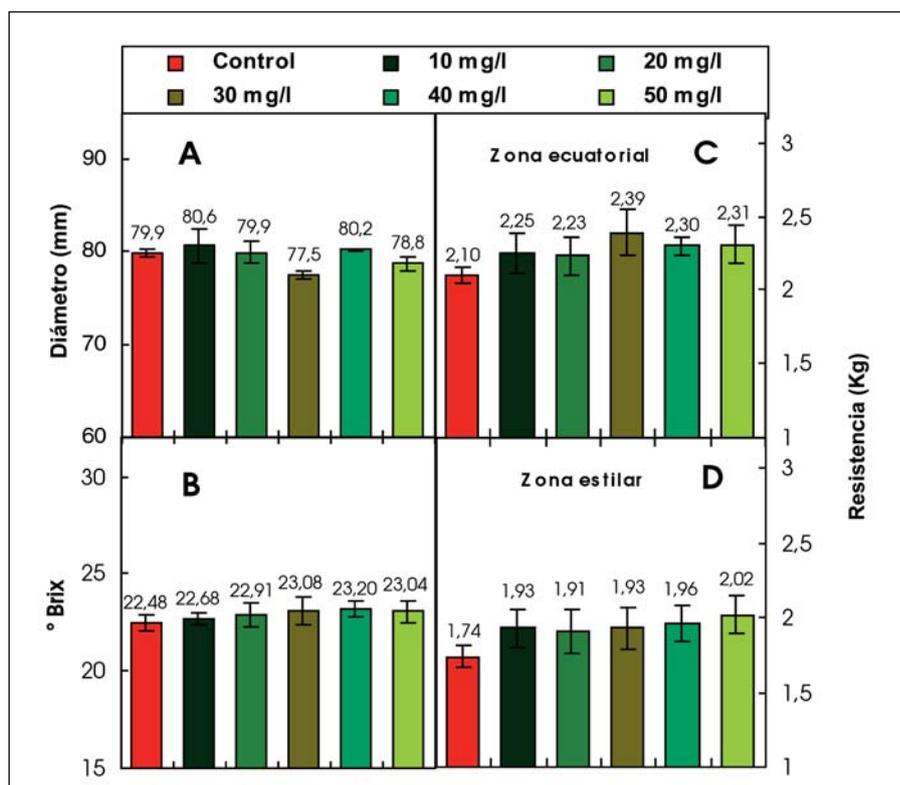
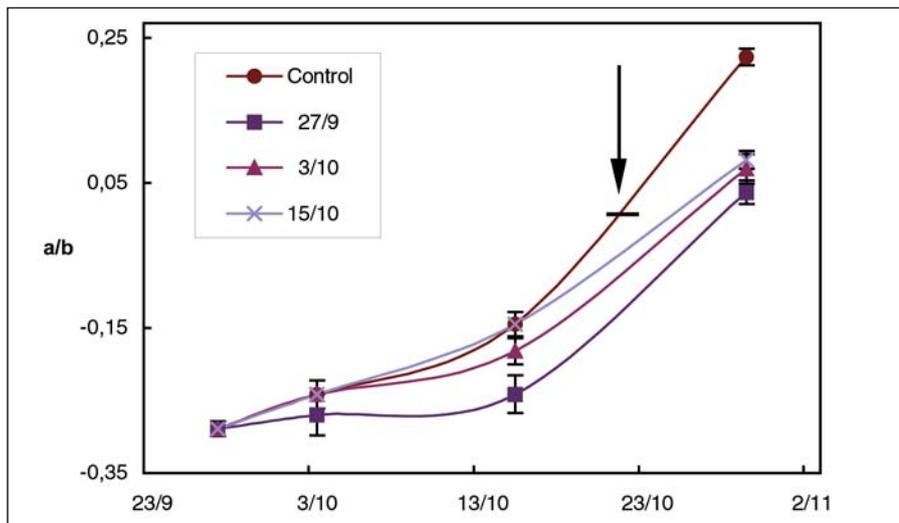


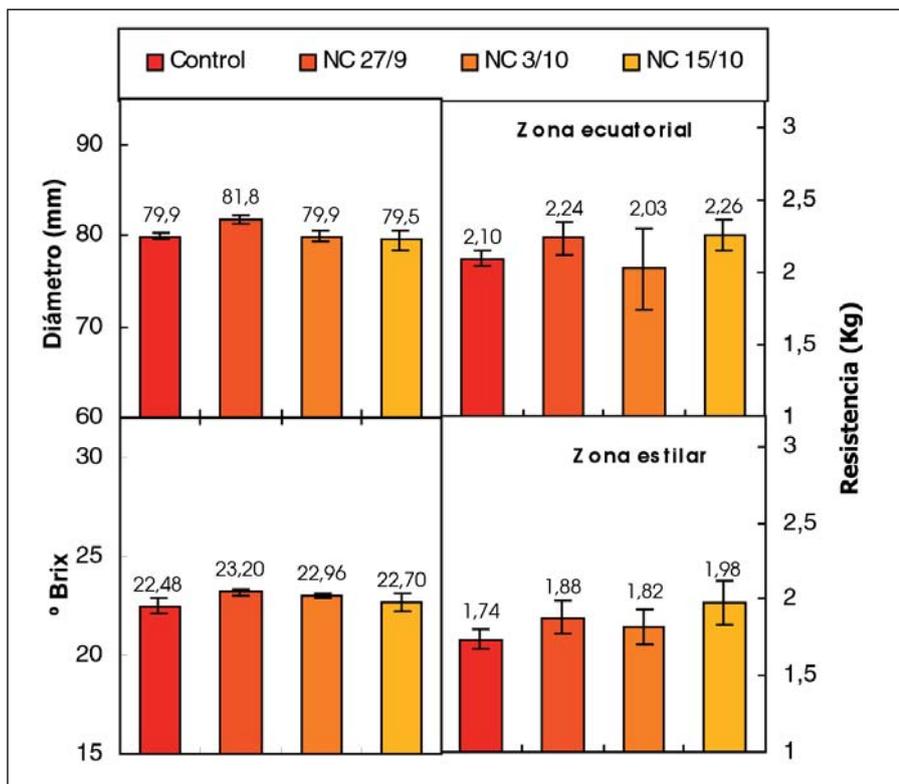
Figura 5. Influencia de la concentración de  $\text{GA}_3$  aplicada sobre las características del fruto maduro del caqui, cv. 'Triumph'. Fecha del tratamiento: 3 de octubre. Análisis realizados el día 30 de octubre. Las barras verticales indican el error standard. Cada valor es la media de 12 frutos. Valores correspondientes al año 2001.

Todos los frutos tratados con ácido giberélico ofrecieron más resistencia al punzamiento que los del control, tanto en la zona ecuatorial como en la zona estilar, pero alcanzando sólo la significación estadística los tratados

con una concentración de  $30 \text{ mg l}^{-1}$  o superior (Figura 5C y D). El diámetro medio del fruto (Figura 5A) y su contenido en sólidos solubles totales (Figura 5B) no fueron afectados por el ácido giberélico.



**Figura 6.** Influencia de la fecha de aplicación de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , a una concentración del 2%, sobre la evolución del color de los frutos de caqui, cv. 'Triumph'. Las letras a y b son coordenadas Hunter: Las barras verticales indican el error standard. La flecha indica el momento del cambio de color de los frutos sin tratar. Valores correspondientes al año 2001.



**Figura 7.** Influencia de la fecha de aplicación de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (2%) (NC) sobre las características del fruto maduro de caqui, cv. 'Triumph'. Análisis realizados el 30 de octubre. Las barras verticales indican el error standard. Cada valor es la media de 12 frutos. Valores correspondientes al año 2001.

### \* Aplicación de nitrato cálcico

El retraso en la evolución del color de los frutos de caqui provocado por el tratamiento con nitrato cálcico presenta una débil dependencia de la época de aplicación. Nuestros estudios indican que aunque la aplicación realizada el 27 de

septiembre retrasó el color de modo inmediato, no consiguió mejorar sustancialmente el retraso conseguido con las aplicaciones realizadas en fechas posteriores (Figura 6). También para éstas la respuesta fue inmediata y, si bien se vio retrasada a medida que se pospuso el tratamiento, en el mo-

mento de la recolección las diferencias fueron despreciables (Figura 6). Como en el caso del  $\text{GA}_3$ , se consiguió retrasar la coloración unos 10 días respecto de los frutos sin tratar.

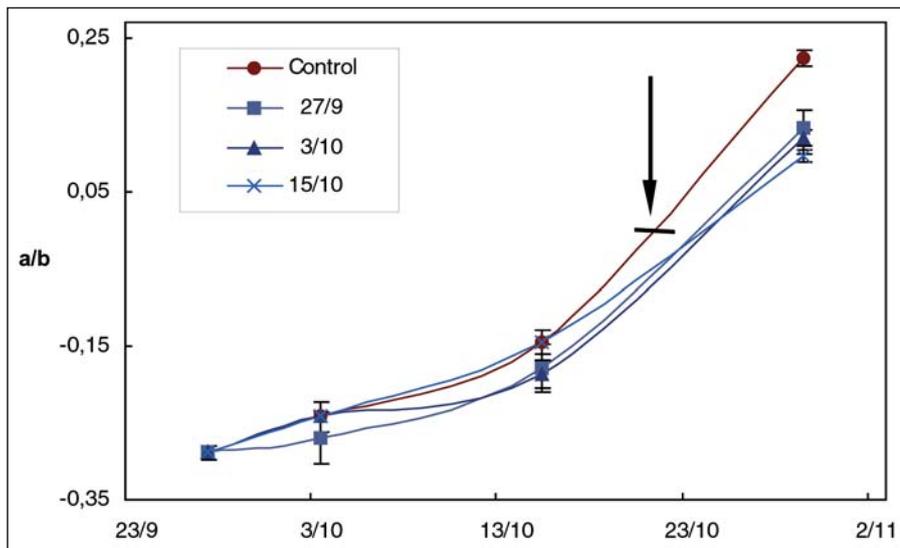
Las determinaciones realizadas una semana antes de la recolección no mostraron diferencias significativas en el tamaño del fruto, el contenido en sólidos solubles totales y la resistencia al punzamiento entre frutos procedentes de árboles tratados en las tres fechas y los controles. Solamente se detectó una resistencia significativamente mayor al punzamiento, tanto en el ecuador como en la zona estilar, de los frutos tratados el día 15 de octubre respecto de los del control (Figura 7).

### \* Aplicación de una mezcla de nitrato cálcico y ácido giberélico

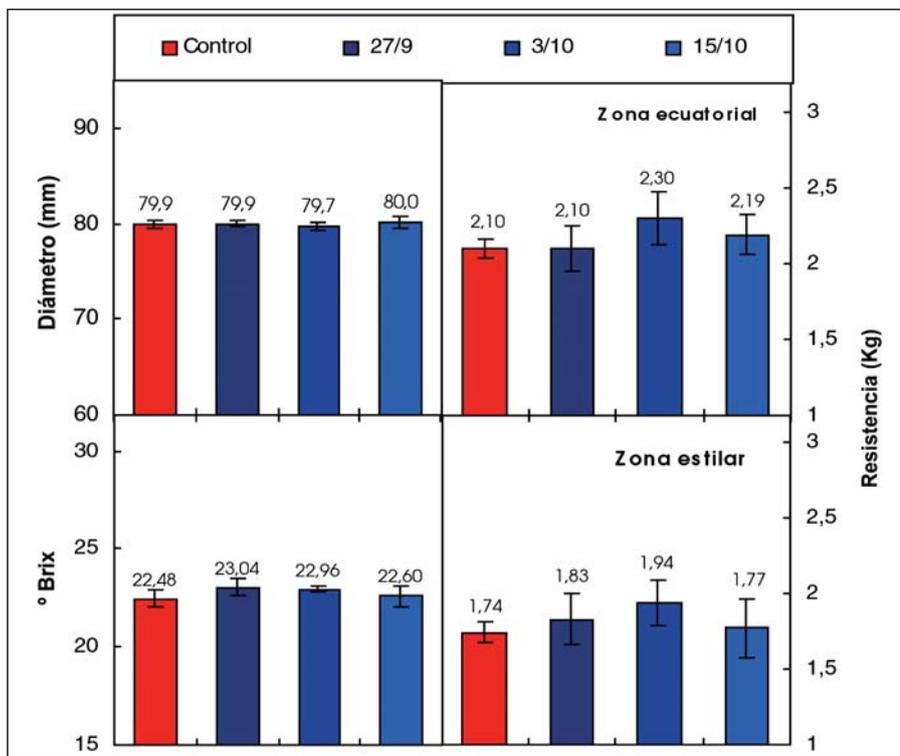
La aplicación conjunta de ácido giberélico ( $10 \text{ mg l}^{-1}$ ) y nitrato cálcico (2%) no mejora la respuesta respecto de las aplicaciones individuales de ambas sustancias. Ni la evolución del color (Figura 8) ni las características del fruto maduro (Figura 9) fueron significativamente modificadas, en nuestros experimentos, al compararlas con la evolución de la coloración (Figuras 3 y 6) y las características del fruto maduro (Figuras 5 y 7) de los tratamientos individuales.

En este caso tampoco se detectaron diferencias en el momento de la recolección atribuibles a la fecha de aplicación (Figuras 8 y 9). La respuesta también fue inmediata, registrándose diferencias significativas respecto a los controles a los siete días del tratamiento (Figura 8); pero en el momento de la recolección todos los tratamientos presentaban la misma coloración, significativamente menos intensa que la de los frutos control (Figura 8).

Las características del fruto ma-



**Figura 8.** Evolución de la coloración de los frutos de caqui, cv. 'Triumph', tratados con una mezcla de  $GA_3$  ( $10 \text{ mg l}^{-1}$ ) y  $Ca(NO_3)_2$  (2%). Influencia de la época de aplicación. Las barras verticales indican el error standard. La flecha indica el momento del cambio de color de los frutos sin tratar. Valores correspondientes al año 2001.



**Figura 10.** Influencia de la época de aplicación de una mezcla de ácido giberélico ( $10 \text{ mg l}^{-1}$ ) y  $Ca(NO_3)_2$  (2%) sobre las características del fruto maduro del caqui, cv. 'Triumph'. Análisis realizados el día 30 de octubre. Las barras verticales indican el error standard. Cada valor es la media de 12 frutos. Valores correspondientes al año 2001.

duro no fueron, en general, significativamente diferentes de las de los frutos sin tratar (Figura 9) y solamente los tratamientos más tardíos presentaron tendencia a una mayor resistencia al punzamiento, en particular los efectuados a principios de octubre (Figura 10).

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Cooperativa de Alginet (Valencia), y en particular a D. Salvador García Dalmau, su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. y Almela, V. 1991. *Aplicación de Fitorreguladores en Citricultura*. Ed. AEDOS, Barcelona, España.
- Ben-Arie, R., Bazak, H., y Blumenfeld, A. 1986. Gibberellin delays harvest and prolongs storage life of persimmon fruits. *Acta Hort.*, 179: 807-813.
- Climent, C. y Llácer, G. 2001. Caqui. En: Nuez, F. y Llácer, G. (Eds.), *La Horticultura Española*, SECH, Ed. de Horticultura, Reus, Tarragona, España.
- Hernández, B. 1999. *El cultivo del Kaki en la Comunidad Valenciana*. Cuadernos de Tecnología Agraria, 3. Serie Fruticultura. Ed. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Generalitat Valenciana, Valencia, España
- Huff, A. 1983. Nutritional control of greening in degreening in citrus peel segments. *Plant Physiol.*, 73: 243-249.
- Jackson, P.R., Agustí, M., Almela, V. y Juan, M. 1992. Tratamientos para mejorar la conservación en el árbol del fruto de la mandarina 'Fortune'. *Lev. Agric.*, 317: 16-22.
- Lurie, S. 2000. Manipulating fruit development and storage quality using growth regulators. En: A.S. Basra (Ed.), *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. Their role and commercial uses*, Food Products Press, The Haworth Press Inc., Nueva York, EE.-UU.
- Llácer, G. y Badenes, M.L. 2002. Situación actual de la producción de caquis en el mundo. *Agric. Vergel*, 242: 64-70.
- Mowat, A.D. y George, A.P. 1996. *Environmental Physiology of Persimmons*. Ed. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand. Australia.
- Qiu, Y., Nishina, M.S. y Paull, R.S. 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 120: 246-253.
- Ragazzini, D. 1985. *El Kaki*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Shiesh, C.C., Lin, H.L., Lin, R.Q., Chen, S.J. y Fena, S.P. 1999. Comparative studies of fruit softening in persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. 'Hiratanenashi') in relation to different methods for removal of astringency and temperature. *J. Chinese Soc. Hortic. Sci.*, 45: 273-280.
- Yamamura, H., Naito, R. y Mochioa, K. 1976. Mechanism of the thinning action of NAA in persimmon fruits. The effects of NAA applied at various stages of growth on the induction of fruit drop and the activity of endogenous growth substances and certain enzymes in fruit tissues. *J. Jap. Soc. Hortic. Sci.*, 45: 1-6.
- Yonemori, K., Hirano, K. y Sugiura, A. 1995. Growth inhibition of persimmon fruit caused by removal and possible involvement of endogenous hormones. *Scientia Hort.*, 61: 37-45.