

Este cultivo se ha transformado en una industria de exportación con alta rentabilidad

Programa de mejora genética del caqui en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

En la actualidad, la producción de la variedad Rojo Brillante en la Ribera del Xúquer representa el 96% de la producción total en Valencia y el 83% de la producción española, pero el éxito de este cultivar no debe ocultar los problemas que presenta basar todo el cultivo y la comercialización en una única variedad. Conscientes

de este problema, el IVIA y la Cooperativa Virgen del Oreto de L'Alcudia (Valencia) firmaron un Convenio para el desarrollo de un proyecto de mejora genética y renovación varietal del caqui, cuyo objetivo fue la obtención de nuevas variedades que permitan la diversificación del cultivo y la producción de esta especie.

**J. Martínez-Calvo, M.M. Naval,
M. L. Badenes y G. Llácer.**

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

largas distancias y en el caso de España la exportación a un gran número de países.

El incremento de producción en España ha sido el mayor y más rápido de toda la cuenca del Mediterráneo. Aunque no existen estadísticas oficiales, debido a que este frutal

se incluye dentro del apartado de "otros frutos carnosos" en el Anuario de Estadística Agroalimentaria, estimaciones recientes sitúan la producción española de caqui alrededor de las 140.000 t, de las que más del 90% corresponden a la provincia de Valencia y a la

El caqui (*Diospyros kaki* Thunb.) es una especie frutal perteneciente a la familia Ebenaceae, y su cultivo tiene una gran importancia en países asiáticos como China, Corea y Japón. Es originario de China, donde se han encontrado vestigios de su cultivo que se remontan a varios siglos antes de Cristo. El cultivo se introdujo en Japón desde China en el siglo VII y en Corea en el siglo XIV. Su introducción en Europa se produjo en el siglo XVII y posteriormente se expandió por todo el mundo (Llácer, 2004).

Según datos de la FAO (2009), la producción mundial supera los 3,6 millones de toneladas, de las cuales el 70% corresponde a China. El resto de la producción se reparte entre Corea, Japón, Brasil, Italia, España e Israel. La producción del caqui en España se ha incrementado en un 80% en la última década, debido principalmente a los avances realizados en las técnicas de postcosecha que eliminan la astringencia sin pérdida de firmeza y calidad, permitiendo su comercialización a



Variedad Rojo Brillante en el momento de madurez comercial.



Banco de Germoplasma de caqui del IVIA.



Algunas de las accesiones del Banco de Germoplasma de caqui.

El objetivo general de este programa es resolver el problema del cultivo monovarietal,

mediante la introducción u obtención de nuevas variedades de caqui adaptadas a las características del cultivo y del mercado de esta fruta en la Comunidad Valenciana.

variedad Rojo Brillante, el resto corresponde a Andalucía, sobre todo a la provincia de Huelva, donde predomina el cultivo de la variedad Triumph llamada comercialmente Sharon (Llácer y Badenes, 2009).

Mejora genética del caqui

Antecedentes

Aunque los frutos de caqui han sido siempre muy apreciados en los mercados locales, la astringencia de estos frutos en el momento de la recolección limitaba mucho el cultivo de esta especie. Los frutos de estas variedades sólo podían consumirse cuando estaban sobremaduros y, por lo tanto, blandos, lo que impedía su manipulación y transporte (Llácer y Badenes, 2002). En Valencia, sin embargo,

y más concretamente en la comarca de la Ribera del Xúquer, la producción de caquis se ha multiplicado por más de 300 en los últimos veinte años.

Básicamente, han sido tres las razones que han hecho posible que en pocos años un cultivo de interés puramente local se transformara en una industria de exportación con alta rentabilidad:

- La selección en los años 70 de la variedad Rojo Brillante, de una calidad extraordinaria, realizada por los propios agricultores de la Ribera del Xúquer a partir del material autóctono local (Llácer y col., 2008).

- La puesta a punto de un tratamiento postcosecha para la eliminación de la astringencia de los frutos sin pérdida de firmeza ni calidad, que ha sido el factor clave para per-

mitir la manipulación y el transporte a largas distancias (Arnal y Del Río, 2003).

- La creación, en el año 1996, del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Kaki Ribera del Xúquer, que garantiza la calidad del producto y promueve su difusión y comercialización (CRDO, 2006).

En la actualidad, la producción del Rojo Brillante en la Ribera del Xúquer representa el 96% de la producción total en Valencia y el 83% de la producción española, habiendo su-



Flores femeninas de caqui.



Flores masculinas de caqui.

perado ya a la producción italiana que durante muchos años ha sido la más importante de Europa (Bellini y col., 2008).

El éxito de Rojo Brillante no debe ocultar los problemas que presenta basar todo el cultivo y la comercialización en una única variedad. La expansión de esta variedad ha producido una alta erosión genética que se ha traducido en la pérdida de variedades locales. Además, el cultivo monovarietal tiene riesgos fitosanitarios, pues una plaga o enfermedad a la que fuera sensible esta varie-

dad acabaría con todo el cultivo. Desde el punto de vista comercial también causa problemas el cultivo monovarietal, ya que produce una concentración de la oferta. Conscientes de este problema, el IVIA y la Cooperativa Virgen del Oreto de L'Alcudia (Valencia) firmaron un Convenio para el desarrollo de un proyecto de mejora genética y renovación varietal del caqui, cuyo objetivo fue la obtención de nuevas variedades que permitan la diversificación del cultivo y la producción de esta especie.

Objetivos del programa

El objetivo general de este programa es resolver el problema del cultivo monovarietal antes mencionado, mediante la introducción u obtención de nuevas variedades de caqui adaptadas a las características del cultivo y del mercado de esta fruta en la Comunidad Valenciana. Este objetivo general se desdobra en dos objetivos concretos:

- Introducción de variedades de otras áreas geográficas y estudio de su comportamiento en nuestras condiciones.
- Obtención de nuevas variedades por mejora genética para aumentar la gama varietal en cuanto a los períodos de recolección y conservación, manteniendo una calidad similar a la del Rojo Brillante.

Mejora por cruzamientos dirigidos

El cumplimiento de los objetivos antes mencionados requería previamente el establecimiento de un banco de germoplasma donde reunir la máxima variabilidad posible de la especie, evitar la pérdida de materiales tradicionales y donde se pudieran caracterizar, documentar y evaluar los materiales conservados para su posterior utilización. El banco de germoplasma de caqui del IVIA en Moncada se empezó a constituir en 2004 con la introducción de 27 accesiones. Actualmente, mediante sucesivas ampliaciones, el banco cuenta con 107 accesiones de diversas procedencias.

Los primeros cruzamientos dirigidos que se llevaron a cabo en 2006 se realizaron entre variedades astringentes y no astringentes del



Polinización dirigida.

banco de germoplasma del IVIA. Se generó así un total de 6.500 híbridos, de los cuales una parte se plantaron en el campo de ensayos de la Cooperativa de L'Alcudia para proceder a su selección en los años siguientes. En 2008 se efectuaron nuevos cruzamientos obteniéndose 1.500 semillas y cerca de 2.000 semillas en 2009, las cuales han seguido el mismo proceso de siembra, plantación en el campo de ensayos y selección.

Dado el carácter recesivo de la no astringencia, todos los frutos de la primera generación han resultado ser astringentes. Para la obtención de frutos de tipo no astringente, en el año 2011 se realizaron una serie de retrocruzamientos entre individuos astringentes de primera generación con un parental no astringente.

Mejora por técnicas biotecnológicas

La larga duración en esta especie de la mejora tradicional mediante cruzamientos no ha llevado a iniciar nuevas líneas de investigación aprovechando las herramientas que ofrece la biotecnología. Una de ellas ha sido la

El programa de mejora genética del caqui que se ha iniciado no se limita a la mejora por cruzamientos, sino que se ha buscado el aumento de variabilidad genética mediante otros métodos, como son la generación de mutantes por irradiación y la de variantes somaclonales mediante organogénesis adventicia.

generación de mutantes por irradiación. Mediante el empleo de rayos gamma se pueden originar una serie de mutaciones en las yemas que puedan dar lugar a variantes del cultivar Rojo Brillante. Estas yemas tratadas se han injertado sobre patrones de *Diospyros kaki* y en la actualidad se ha procedido a su estudio y selección en campo. Una muestra de las mismas se está caracterizando a nivel molecular mediante marcadores moleculares del tipo AFLPs y, a nivel celular, mediante citometría de flujo, con el fin de detectar las posibles mutaciones. Por otra parte, también se

han irradiado yemas mediante otra técnica basada en neutrones rápidos, tratando de conseguir deleciones en el genoma.

Estas técnicas de mejora se están implementando también mediante la puesta a punto de protocolos de regeneración de plantas in vitro a partir de hojas mediante organogénesis adventicia, ya que puede dar lugar a la aparición de variantes somaclonales que representan una fuente adicional de variabilidad genética. La eficacia de regeneración obtenida ha sido del 30%. Dada la dificultad de conseguir el enraizamiento de las plántulas

MÁXIMAS Prestaciones

Estés donde estés



Red de servicios Goodyear especializados en neumáticos agrícolas en España





Obtención de semilla híbrida procedente de la polinización.

regeneradas, se ha adaptado el método del microinjerto de ápices caulinares in vitro (desarrollado en el IVIA para los cítricos y algunos frutales de hueso; Conejero y col., 2011) sobre el patrón *Diospyros virginiana* (Naval y col., 2009). De este modo las plantas regeneradas y microinjertadas se han podido aclimatar y transplantar a campo con un porcentaje de eficiencia muy alto, siendo una alternativa real para generar variabilidad genética.

Obtención de portainjertos clonales

En la actualidad gran parte de los portainjertos utilizados en caqui provienen de semillas de las especies *D. lotus* y *D. virginiana*, que dan lugar a plantones muy heterogéneos al corresponder a genotipos distintos, incluso algunos de ellos han desarrollado incompatibilidades patrón-injerto.

Una manera de evitar este problema es obtener patrones clonales mediante la micropropagación vegetativa de patrones seleccionados.

En el IVIA se han puesto a punto protocolos de micropropagación altamente eficientes para las especies *D. lotus* y *D. virginiana* y están actualmente en estudio para la especie *D. kaki*.

Consideraciones finales

El caso de Rojo Brillante ilustra perfectamente la importancia de poner en valor el germoplasma local. En primer lugar, este germoplasma asegura la buena adaptación a las

condiciones agroclimáticas del área en donde ha sido seleccionado (Llácer y col., 2008). En segundo lugar, la técnica para eliminar la astringencia de los frutos sin pérdida de su firmeza, puesta a punto para el Rojo Brillante por investigadores del Departamento de Postcosecha del IVIA (Arnal y Del Río, 2003) y adecuadamente aplicada por las Cooperativas de la Ribera del Xúquer, fue la clave para transformar un cultivo de interés puramente local en uno de los cultivos más rentables de la fruticultura española. Por último, pero no lo menos importante, la iniciativa de las cooperativas de la zona de crear un Consejo Regulador (CRDO, 2006) que garantiza la calidad del producto y promueve su difusión y comercialización, es el tercer pilar sobre el que se sostiene el éxito del cultivo.

Sin embargo, el mantenimiento de este éxito no puede seguir basándose indefinidamente en un cultivo monovarietal cuya campaña de comercialización se reduce, en el caso más favorable, a doce o trece semanas. La aparición en 2008 de una grave enfermedad que ha afectado a muchas plantaciones en la Ribera del Xúquer (la necrosis foliar del caqui causada por el hongo *Mycosphaerella nawae* -Bebegal y col., 2011-), pone de manifiesto los peligros de este tipo de cultivo. Por otra parte, la mejora convencional en caqui mediante cruzamientos es un proceso que requiere mucho tiempo debido al largo período juvenil y al carácter recesivo de la no astringencia.

La complicada biología floral de la especie (ausencia de flores masculinas en muchas variedades) lo dificulta aún más, ya que no siempre los cultivares que deseáramos como parentales (por ser portadores de las características buscadas) se pueden utilizar. Esa es la razón por la que el programa de mejora genética del caqui que hemos iniciado no se limita a la mejora por cruzamientos, sino que hemos buscado el aumento de variabilidad genética mediante otros métodos, como son la generación de mutantes por irradiación y la de variantes somaclonales mediante organogénesis adventicia. ●

Agradecimientos

Los trabajos sobre el banco de germoplasma de caqui del IVIA han sido financiados sucesivamente por los proyectos INIA RFP2004-00010, RF2007-00011, RFP2008-00004 y RF2010-00003. El programa de mejora genética está siendo financiado mediante un convenio entre el IVIA y la Cooperativa Virgen del Oreto de L'Alcudia (Valencia).

Bibliografía ▼

- Arnal L. and del Río M.A. 2003. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. Rojo Brillante. *J. Food Sci.*, 68 (4): 1516-1518.
- Bellini E., Giordani E. and Nin S. 2008. Evolution of persimmon cultivation and use in Italy. *Advances in Horticultural Science* 22 (4): 233-238.
- Bebegal M. y col. (17 autores). 2011. La necrosis foliar del caqui causada por *Mycosphaerella nawae*. Características de la enfermedad y consideraciones sobre su control. *Jóvenes Agricultores ASAJA Alicante* 56: 19-23.
- Conejero A., Romero C., Martínez-Calvo J., Badenes M.L., Llácer G., Mestre M.A. y Cunill M. 2011. Utilización del microinjerto para el saneamiento y la cuarentena de frutales de hueso. *Revista de Fruticultura* 13: 4-11.
- CRDO 2006. Características de los caquis de la denominación de origen. Normas de calidad. Consejo Regulador de la Denominación de Origen "Kaki Ribera del Xúquer": 11pp.
- FAO 2009. Anuario de Estadística de la FAO. <http://faostat.fao.org/>
- Llácer G. 2004. El caqui, un cultivo en expansión en España. *Vida Rural* 184: 54-57.
- Llácer G. and Badenes M.L. 2002. Persimmon production and market. *Options Méditerranéennes, Série A*, 51: 9-21.
- Llácer G. and Badenes M.L. 2009. Production of persimmon in Spain. *Acta Hort.* 833: 39-41.
- Llácer G., Martínez-Calvo J., Naval M. and Badenes M.L. 2008. From germplasm to fruit export: the case of 'Rojo Brillante' persimmon. *Advances in Horticultural Science* 22 (4): 281-285.
- Naval M.M., Llácer G., Badenes M.L. and Giordani E. 2009. Adventitious shoot regeneration from leaf explants of persimmon cv. 'Rojo Brillante'. *Acta Hort.* 833: 183-186.