

El cultivo del caqui



El cultivo del caqui

El cultivo del caqui



GENERALITAT
VALENCIANA

ivia
Instituto Valenciano
de Investigaciones Agrarias

© De la edición: Generalitat Valenciana, 2015

© De los textos: sus autores

Editores:

María Luisa Badenes Catalá

Centro de Citricultura y Producción Vegetal
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Diego S. Intrigliolo Molina

Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Actualmente:

Consejo Superior Investigaciones Científicas (CSIC)
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS)

Alejandra Salvador Pérez

Centro de Tecnología Post-Recolección
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Antonio Vicent Civera

Centro de Protección Vegetal y Biotecnología
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Autores:

Rafael Perucho, Edgardo Giordani, Enzo Picardi, Silvia Radice, María L. Badenes, María del Mar Naval, José Martínez-Calvo, José Malagón, Emilio Mataix Gato, Diego S. Intrigliolo, Cristina Besada, Alejandra Salvador, Luis Bonet, Fernando Pomares, Vicente Gris, María R. Albiach, Manuel Agustí, Carmina Reig, Carlos Mesejo, Amparo Martínez-Fuentes, Alejandro Tena, Meritxell Pérez-Hedo, Jose Catalán, María Juan-Blasco, Alberto Urbaneja, Antonio Vicent, José L. Mira, Verònica Taberner, Lluís Palou, Fernando Machuca, Pilar Navarro y Mario Vendrell

Diseño y maquetación: Inés Pérez Sanjuán, Servicio de Publicaciones de la Generalitat,

Imprime: Mare Nostrum Gráficas

ISBN: 978-84-482-6018-7

Depósito legal: V-1409-2015

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro, su inclusión en un sistema informático, su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, registro u otros métodos sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

ÍNDICE

Prólogo	11
Agradecimientos	15
Capítulo 1	
El cultivo del caqui. Antecedentes e importancia económica	17
Rafael Perucho	
1.1. Producción de caqui en el mundo y en la cuenca del Mediterráneo	19
1.1.1. Producción mundial de caqui.....	20
1.1.2. Evolución de la producción del caqui en la cuenca del Mediterráneo.....	22
1.2. El cultivo del caqui en España	24
1.2.1. Evolución del cultivo del caqui en España. Importancia de la variedad ‘Rojo Brillante’	26
1.2.2. Comercialización del caqui ‘Rojo Brillante’	29
1.3. Bibliografía	33
Capítulo 2	
Morfología y fisiología	35
Edgardo Giordani, Enzo Picardi y Silvia Radice	
2.1. La semilla	39
2.2. Las hojas.....	41
2.3. Las yemas	42
2.4. Desarrollo de las yemas y ramas.....	44
2.5. Las flores	46
2.6. Los frutos.....	49
2.7. Bibliografía	54

Capítulo 3

Material vegetal y mejora genética 55

María L. Badenes, María del Mar Naval,
José Martínez-Calvo y Edgardo Giordani

3.1. Origen.....	57
3.2. Variedades.....	57
3.3. Portainjertos.....	60
3.4. Recursos fitogenéticos.....	62
3.4.1. Recursos fitogenéticos en Japón.....	62
3.4.2. Recursos fitogenéticos en China.....	63
3.4.3. Recursos fitogenéticos en Europa.....	63
3.5. Programas de mejora varietal.....	65
3.6. Bibliografía.....	77

Capítulo 4

Diseño y manejo de la plantación del caqui 81

José Malagón

4.1. Exigencias agroclimáticas.....	83
4.1.1. Clima.....	83
4.1.2. Suelo.....	86
4.2. Labores preparatorias de la plantación.....	88
4.3. Elección del marco de plantación.....	89
4.4. Plantación.....	91
4.5. Labores culturales en los primeros años de cultivo.....	92
4.6. Mantenimiento del suelo. Aplicación de herbicidas.....	94
4.7. Bibliografía.....	98

Capítulo 5

La poda del caqui 101

Emilio Mataix-Gato

5.1. Introducción.....	103
5.2. Principios generales de poda.....	105
5.3. Los órganos vegetativos del caqui.....	107
5.4. Evaluación de la plantación.....	110
5.5. La poda.....	111
5.6. Rejuvenecimiento del árbol. La poda en volúmenes de producción.....	117

Capítulo 6

Manejo del riego. Necesidades hídricas del caqui y respuestas al estrés hídrico

Diego S. Intrigliolo, Cristina Besada, Alejandra Salvador y Luis Bonet

121

6.1. Necesidades hídricas del caqui	123
6.2. Programación del riego	126
6.3. Respuesta del caqui al estrés hídrico	133
6.3.1. Efectos del estrés hídrico sobre la producción y sus componentes.....	133
6.3.2. Efectos del estrés hídrico sobre la calidad del fruto de caqui y su astringencia	136
6.4. Bibliografía	138

Capítulo 7

Fertilización

Fernando Pomares, Vicente Gris y María R. Albiach

139

7.1. Funciones de los nutrientes	141
7.2. Necesidades nutricionales del caqui.....	154
7.3. Periodos críticos respecto a la nutrición.....	157
7.4. Planes orientativos de fertilización	158
7.4.1. Fertilización de preplantación.....	159
7.4.2. Fertilización de formación	159
7.4.3. Fertilización para árboles adultos	160
7.5. Fraccionamiento de la fertilización	161
7.6. Tipos de fertilizantes	163
7.7. Corrección de deficiencias nutricionales	163
7.7.1. Deficiencia de hierro	163
7.7.2. Deficiencia de manganeso y cinc.....	164
7.8. Métodos de diagnóstico para evaluar el estado nutricional del cultivo	166
7.8.1. Síntomas visuales.....	166
7.8.2. Análisis foliar	167
7.8.3. Análisis del suelo	172
7.9. Bibliografía	174

Capítulo 8

Técnicas para mejorar la calidad del fruto

Manuel Agustí, Carmina Reig, Carlos Mesejo y Amparo Martínez-Fuentes

177

8.1. Introducción	179
8.2. Estimulo del desarrollo del fruto. Tamaño final	180

8.3. Control de la maduración	187
8.3.1. Anticipación de la maduración	188
8.3.2. Retraso de la maduración	196
8.4. Bibliografía	202

Capítulo 9

Fitófagos plaga asociados al cultivo del caqui 207

Alejandro Tena, Meritxell Pérez-Hedo, José Catalán,
María Juan-Blasco y Alberto Urbaneja

9.1. Cotonets / cochinillas algodonosas	210
9.2. Mosca de la fruta (<i>Ceratitis capitata</i>)	213
9.3. Otras cochinillas	221
9.3.1. <i>Saissetia oleae</i>	221
9.3.2. <i>Parthenolecanium corni</i>	223
9.3.3. <i>Ceroplastes sinensis</i>	224
9.3.4. <i>Coccus hesperidum</i>	225
9.4. Coleópteros	226
9.4.1. <i>Apate monachus</i>	226
9.5. Lepidópteros	228
9.5.1. <i>Cryptoblabes gnidiella</i>	228
9.5.2. <i>Streblote panda</i>	230
9.6. Plagas secundarias	231
9.6.1. Diaspídeos	231
9.6.2. <i>Gonocerus acuteangulus</i>	231
9.6.3. <i>Paraleyrodes minei</i>	232
9.6.4. Gorriones, estorninos y otras aves.....	232
9.6.5. Caracoles	233
9.6.6. Otros.....	233
9.7. Bibliografía	234

Capítulo 10

Enfermedades fúngicas de importancia en campo y almacén 241

Antonio Vicent, José L. Mira, Verònica Taberner y Lluís Palou

10.1. Enfermedades foliares.....	243
10.1.1. La mancha foliar causada por <i>Mycosphaerella nawae</i>	243
10.1.2. Otras enfermedades foliares causadas por hongos no presentes actualmente en España.....	249

10.2. Enfermedades causadas por hongos del suelo	252
10.3. Enfermedades de poscosecha	253
10.3.1. La mancha negra de los frutos causada por <i>Alternaria alternata</i>	253
10.3.2. Podredumbres pedunculares.....	261
10.3.3. Podredumbre gris causada por <i>Botrytis cinerea</i>	264
10.3.4. Antracnosis causada por <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	265
10.3.5. Podredumbres causadas por patógenos de herida	267
10.3.6. Otras enfermedades de poscosecha no presentes actualmente en España	269
10.4. Bibliografía	270

Capítulo 11

Fisiopatías del caqui 277

Fernando Machuca, Cristina Besada y Alejandra Salvador

11.1. Malformaciones del fruto y alteraciones en la zona del cáliz.....	279
11.1.1. Malformaciones del fruto	279
11.1.2. ‘Calyx cavity’	281
11.1.3. Abscisión del cáliz.....	282
11.1.4. ‘Skin russeting’	282
11.2. Alteraciones asociadas a factores climáticos.....	283
11.2.1. ‘Cloudy stain’	283
11.2.2. Planchado	284
11.2.3. Daños por granizo	285
11.2.4. Rameado	285
11.2.5. Daños por heladas	286
11.3. Alteraciones poscosecha	287
11.3.1. Bronceado de la piel.....	287
11.3.2. Pardeamientos internos.....	287
11.3.3. Daño por frío.....	291
11.4. Bibliografía	293

Capítulo 12

Tecnología poscosecha del caqui 297

Cristina Besada, Pilar Navarro, Mario Vendrell y Alejandra Salvador

12.1. Madurez y recolección	300
12.2. Eliminación de la astringencia	305
12.2.1. La astringencia de los frutos de caqui	305

12.2.2. Estructura química e insolubilización de los taninos en los frutos de caqui	308
12.2.3. Pérdida natural de astringencia de los frutos en el árbol	309
12.2.4. Eliminación artificial de la astringencia de los frutos en poscosecha	311
12.2.5. Factores que afectan la eficacia del tratamiento de desastringencia	313
12.3. Conservación	316
12.4. Operaciones de confección	323
12.5. Bibliografía	328

PRÓLOGO

Es para mí un placer dedicar estas líneas a la presentación de este libro, honor inesperado e inmerecido que asumo con mucho respeto por la institución que lo patrocina, el IVIA, y, cada uno de los investigadores que en él participan. En este libro, como podemos apreciar, se escribe del caqui en toda su amplitud, los mejores investigadores en las diferentes especialidades nos explican los resultados de la investigación y experiencias en fertirrigación, pies y variedades, sanidad vegetal, poda y postcosecha; acompañado y documentado de una amplia bibliografía de los investigadores de los principales países productores del mundo: China, Japón e Israel, e Italia, más que por su producción, por su continua y avanzada investigación.

Pero no se escriben unas memorias si no hay detrás un gran personaje, ni se dedica un libro a una fruta si no hay detrás una gran producción con un abanico varietal que permita un periodo largo de permanencia en el mercado, ni las grandes multinacionales químicas dedican un segundo de su investigación, ni un céntimo en buscar soluciones a sus problemas.

Pues bien, este proyecto y los que creímos en él partimos de una única variedad, el Rojo Brillante, con una producción marginal que no superaba 1.000.000 de kgs en el año 1995 y se vendía en los mercados de España y Portugal. Esta magnífica variedad se convierte en una fruta de éxito con mucha I+D, pues de una fruta que se comía muy blanda, o no se podía comer; con un periodo de comercialización corto, hemos pasado a una fruta que se

come dura como una manzana, con cuatro meses de comercialización, todo con una única variedad, lo que no se ha conseguido con ninguna otra fruta.

El éxito de esta excepcional fruta comienza con la transformación del Caqui 'Rojo Brillante' que se comía blando, en el Kaki PERSIMON de la Denominación de Origen Ribera Del Xúquer, iel que se come duro!

Este proyecto de éxito basado en la fe en una fruta, comienza con la creación por la Conselleria de Agricultura de la Denominación de Origen. Recuerdo que era el año 1996 estando de Secretario General de Agricultura llamé a Enrique Blasco a las horas presidente de UTECO Valencia y de la Cooperativa de Alginet y a Custodio Mendoza presidente de la Cooperativa de Carlet, quien siempre tendrá nuestro recuerdo y reconocimiento, que sería el primer presidente de la D.O.; llegando al acuerdo que UTECO en nombre de las cooperativas de la Ribera productoras de caqui pidiera el comienzo del expediente para crear la D.O. Kaki de la Ribera del Xúquer, icomienzo de un proyecto de éxito! Que ha conseguido pasar de 2.000.000 de kgs en el año 1997 año de creación de la D.O., a los más de 220.000.000 de kgs de producción de la campaña 2014.

Proyecto que empezaron las cooperativas de la Ribera y Anecoop con el apoyo de la Conselleria de Agricultura y el IVIA que participó desde el primer momento en los procesos de desastringencia y postcosecha de la mano del Dr. D. Miguel Ángel del Río, que ya no está con nosotros y a quien agradecemos su compromiso y dedicación a este proyecto.

1997-2014; 19 años de empeño, dedicación, mucho trabajo y fe en el proyecto, donde el buen hacer y el apoyo de los investigadores del IVIA junto con los técnicos de las Cooperativas, el trabajo de promoción y de apoyo a la comercialización coordinado todo desde la D.O. Kaki de la Ribera del Xúquer, han logrado que este gran proyecto este ofreciendo al mercado mundial la única novedad en fruta de los últimos 20 años; iel Kaki PERSIMON!

¡Ahora ya tenemos un producto de éxito que se merece un libro!, que, como siempre, el éxito tiene muchos padres y el fracaso es huérfano.

Con el gran incremento de la producción hemos pasado de prácticamente solo tratamientos contra la mosca (*Ceratitis capitata*) hasta el 2006 a la necesidad de otros tratamientos, ya que en 2007 aparece la taca negra, denominación por el agricultor al hongo *Mycosphaerella nawae*, que puso en grave peligro la producción del caqui hasta el punto de temer por su desaparición.

La rápida implicación de la Conselleria de Agricultura, el compromiso del IVIA y de la Cátedra de Patología Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia con el sector que, junto con los técnicos de las cooperativas fueron capaces de dar solución a tan grave problema en dos campañas, en las que el agricultor afectado había perdido toda esperanza de solución; es un claro ejemplo de concienciación y puesta en común de personas y medios, lo que ha permitido seguir produciendo y creciendo.

Año 2015; 8.200.000 plantas, 13.700 hectáreas y una previsión de producción esperada para el año 2020 de 645.000 Tm., miles de productores ávidos de soluciones a los problemas agronómicos que van apareciendo en las explotaciones, muchos conocidos pero sin tratamientos autorizados y otros no contrastados o desconocidos en la producción local del caqui, y que habrá que estudiar.

Este libro fruto del trabajo de las diferentes líneas de investigación del producto, coordinada por el magnífico equipo de investigadores del IVIA, pone a disposición de la producción, postcosecha y comercialización todos los avances conocidos a nivel nacional e internacional.

En mi nombre y en el de todos los que conformamos este gran proyecto del “Kaki PERSIMON” muchas gracias a todos los que participáis con vuestro trabajo en la realización de este magnífico libro.

Cirilo Arnandis

Presidente del Consejo Regulador de la
Denominación de Origen Kaki Ribera del Xúquer

AGRADECIMIENTOS

A D. Enrique Moltó García, Director del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), y sus predecesores D. Eduardo Primo Millo y D. Florentino Juste Pérez, por su apoyo y ayuda incondicional durante la preparación del libro. A D. Adolfo Conesa Ariza, Jefe del Servicio de Desarrollo Tecnológico del IVIA, por sus gestiones en las fases de maquetación y publicación.

A la Denominación de Origen Kaki Ribera del Xúquer, cuya labor ha sido clave en la expansión de este cultivo en la Comunitat Valenciana y que fue el motor de las primeras investigaciones en el caqui 'Rojo Brillante' de la mano de Custodio Mendoza, primer presidente de la D.O. A todos aquellos profesionales del sector que directa o indirectamente han contribuido a consolidar el cultivo del caqui. Especialmente, a Miguel Ángel del Río y Gerardo Llácer, del IVIA, pioneros de la investigación de este frutal en nuestro país, y José María Chornet de la OCAPA La Ribera Alta - Carlet.

A todas las instituciones que han financiado la investigación en caqui: Ministerio de Economía y Competitividad, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Conselleria de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de la Generalitat Valenciana a través de los proyectos

AGL2004-0527/AGR, RTA2006-00028-00-00, CSD2006-0067, PROFIT CIT-060000-2007-50, RTA2008-00074-00-00, RTA2010-00086-00-00, RF2010-00003, RTA2012-00061-00-00, RTA2013-00004-C03-02, RTA2013-00043-C02-00, IVIA-5810 y Rideco-Consolider desarrollados por el IVIA.

A las siguientes organizaciones y empresas que han financiado trabajos de investigación en diferentes áreas de estudio del caqui: Agriphar, SLU, Anecoop S. Coop., Agromedina, SL, Bayer CropScience, SL, Bioibérica, SL, Cooperativa Agrícola Ntra. Sra. de L'Oreto Coop.V., Cooperativa Agrícola San Bernardo Coop.V., D.O. Kaki Ribera del Xúquer, Dow Agrosciences Ibérica, SA, Fomesa Fruitech, SLU, Rohm and Haas Europe Trading Aps. y Tecnidex SAU.

1 EL CULTIVO DEL CAQUI ANTECEDENTES E IMPORTANCIA ECONÓMICA

Rafael Perucho

Consejo Regulador de la Denominación de Origen Kaki Ribera del Xúquer

EL CULTIVO DEL CAQUI ANTECEDENTES E IMPORTANCIA ECONÓMICA

El cultivo del caqui en Europa está localizado principalmente en la cuenca del Mediterráneo, donde ha sido tradicionalmente un frutal menor. En los últimos años ha adquirido una gran notoriedad en los mercados europeos gracias al éxito comercial de la variedad ‘Rojo Brillante’, originaria de la comarca de la Ribera Alta en la provincia de Valencia. El cultivo de esta variedad en nuestro país ha experimentado un crecimiento espectacular, debido fundamentalmente al desarrollo y puesta a punto de la técnica poscosecha para eliminar la astringencia de los frutos. En el presente capítulo se repasan los datos históricos y estadísticos que ilustran la impresionante evolución de este cultivo en España. Se detallan también las claves productivas y comerciales que han permitido que este frutal, hasta hace poco considerado menor, se haya convertido en unos pocos años en la fruta de mayor crecimiento comercial en los mercados europeos.

1.1. PRODUCCIÓN DE CAQUI EN EL MUNDO Y EN LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO

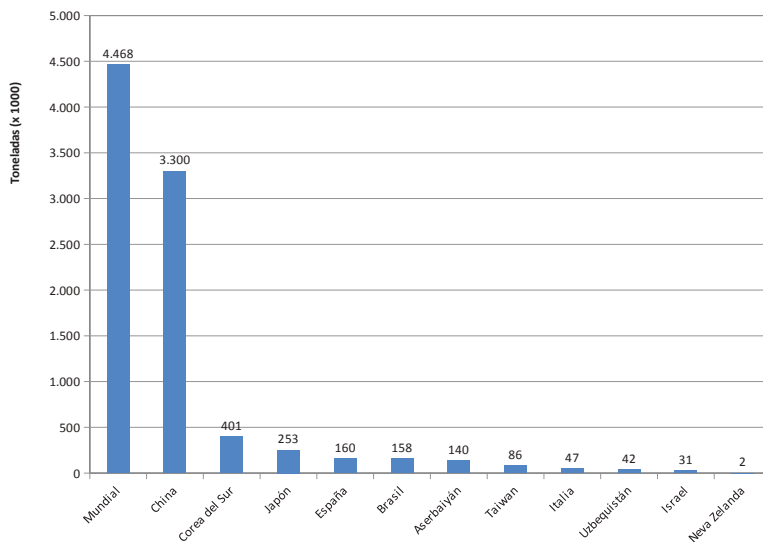
El caqui (*Diospyros kaki* Thunb.) es originario de China, donde comenzó a cultivarse algunos siglos antes de Cristo y de donde luego se extendió a Japón y Corea (Llácer y Badenes, 2001). El género *Diospyros* se desarrolla casi exclusivamente en zonas tropicales y subtropicales y solo las especies *D. kaki*, *D. lotus* L. y *D. virginiana* L. se adaptan a vegetar en zonas templadas.

das. La mayoría de las variedades cultivadas aprovechables por sus frutos pertenecen a la especie *D. kaki*, mientras que *D. lotus* y *D. virginiana* se utilizan principalmente como portainjertos. En Europa, Brasil y Estados Unidos el cultivo del caqui se introdujo entre los siglos XVII-XIX. Una gran parte de las variedades de caqui cultivadas en la actualidad proceden de Japón, donde desde hace décadas se desarrollan importantes programas de mejora de este frutal. En las regiones mediterráneas han surgido también numerosas variedades a partir de mutaciones espontáneas, existiendo muchos cultivares locales en diferentes países.

1.1.1. Producción mundial de caqui

Según los datos de FAO para el año 2012 la producción mundial de caqui se sitúa en las 4.468.955 t con una superficie cultivada de 813.536 ha. En la Fig. 1.1 se muestra la producción de caqui de los principales países donde se cultiva este frutal. El país con mayor producción es China, con más de un millón de toneladas en 1992 que ha aumentado progresiva-

Figura 1.1. Producción mundial de caqui (FAO 2012 y fuentes propias).



mente hasta alcanzar los más de tres millones de toneladas en la actualidad. Su producción está basada en una gran diversidad de variedades, en general de bajo rendimiento, que se destinan para consumo en fresco e industrialización, principalmente como caqui deshidratado (Zhang et. al., 2009). A gran distancia de China se encuentran Corea del Sur y Japón, con producciones basadas principalmente en variedades no astringentes como 'Fuyu'. Mientras que en los últimos años Japón ha reducido su producción de caqui, en Corea del Sur se ha producido un notable incremento en la superficie dedicada a este frutal.

A la producción de Japón le sigue la de España, aunque sin datos oficiales de FAO, ya que el MAGRAMA considera todavía al caqui como un cultivo menor y lo engloba dentro de la categoría de 'otros cultivos'. Los datos de la producción española de caqui proceden del Consejo Regulador de la Denominación de Origen (CRDO) Kaki Ribera del Xúquer que agrupa a más del 50% de la producción nacional, además de otras fuentes de información complementarias como las administraciones autonómicas y Agroseguro. El cultivo de caqui en España está centrado casi exclusivamente en las variedades astringentes 'Rojo Brillante' y 'Triumph'. Actualmente hay un gran interés en la introducción de nuevas variedades que permitan ampliar el periodo comercial, así como también de variedades de tipo no astringente.

Brasil presenta una producción similar a la de España, pero con una gran superficie de cultivo dedicada a variedades astringentes locales como 'Rama Forte', 'Giombo' y 'Taubaté'. En los últimos años se están introduciendo también variedades no astringentes, destinadas principalmente a la exportación. La producción de caqui en Azerbaijón prácticamente se ha duplicado en la última década y está basada principalmente en variedades locales astringentes. Con una menor producción se encuentra Taiwán, que presenta una estructura varietal muy similar a la de China.

La producción de caqui en Italia está actualmente en retroceso y centrada casi exclusivamente en la variedad local astringente 'Kaki Tipo'. En los últimos años se han introducido variedades no astringentes, aunque con poca repercusión comercial. Entre los países productores de caqui

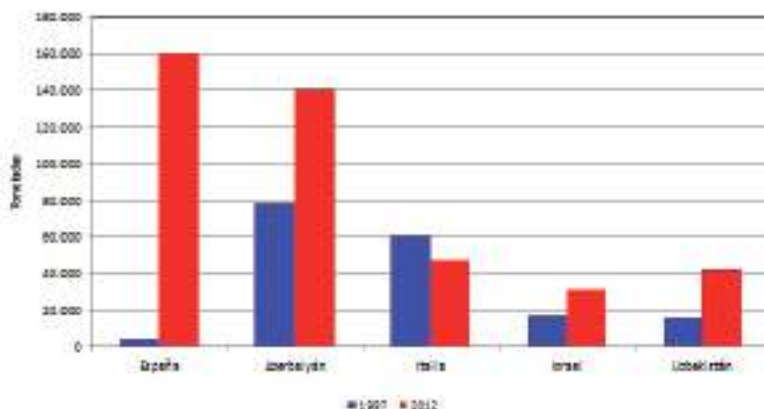
se encuentran también Uzbekistán e Israel. En Uzbekistán la producción está basada en variedades locales astringentes, mientras que en el caso de Israel predomina la variedad ‘Triumph’, también astringente, que en los últimos años ha experimentado un cierto incremento en su producción. Finalmente, Nueva Zelanda tiene una industria del caqui muy joven basada en variedades no astringentes, principalmente ‘Fuyu’.

1.1.2. Evolución de la producción del caqui en la cuenca del Mediterráneo

A partir de los genotipos ancestrales introducidos en Europa siglo XVII, se ha evolucionado a lo que denominamos hoy como ‘variedades locales’. Por ejemplo, la variedad ‘Kaki Tipo’, mayoritariamente cultivada en Italia, es probablemente de origen japonés. Allí se cultivan también otras variedades locales como ‘Rispoli’, ‘Mandarino’, ‘Moro’, ‘Vainiglia’, ‘Mercatelli’, ‘Brazzale’, ‘Lampadina’ ‘Cioccolatino’ y ‘Mancinelli’ (Bellini y Giordani, 1999). Desde hace años se están desarrollando también diferentes programas de mejora genética del caqui, como es el caso de la Universidad de Florencia en Italia y el Instituto Valenciano de Investigaciones agrarias (IVIA) en España (Bellini y col., 1992; Benelli y col., 1999; Badenes y col., 2003).

Dentro de los países de la cuenca del Mediterráneo y su área de influencia, España, Azerbaiyán, Italia, Uzbekistán e Israel son los principales productores (Fig. 1.2). Hasta hace apenas dos décadas, en las regiones mediterráneas la mayor parte del caqui se cultivaba en forma de árboles aislados o en pequeñas plantaciones familiares destinadas al consumo local. Durante los últimos años, el cultivo del caqui en España ha mostrado un crecimiento exponencial, ligado a aparición de la variedad astringente ‘Rojo Brillante’, muy productiva y de gran calidad. El desarrollo y puesta a punto de la tecnología poscosecha para eliminar de una forma eficiente la astringencia de los frutos de ‘Rojo Brillante’ ha llevado asociado un desarrollo vertiginoso de esta variedad en la comarca de la Ribera Alta, en la provincia de Valencia, donde se asientan prácticamente el 90% de las plantaciones españolas.

Figura 1.2. Evolución de la producción de caqui en los países de la cuenca del Mediterráneo y su área de influencia (FAO 2012 y CRDO Kaki Ribera del Xúquer).



En Israel el cultivo de caqui se expandió en los años 70 con la introducción de tecnología poscosecha de eliminación de la astringencia, conservación frigorífica y las campañas de promoción sobre la forma de consumir los frutos duros. En la actualidad, la producción de caqui en Israel es de unas 31.000 t, principalmente de la variedad astringente ‘Triumph’ (90%) que se comercializa con las marcas ‘Sharon’ y ‘Sharoni’ (Llácer y Badenes, 2001).

En el caso de Italia, la producción de caqui ha bajado en los últimos años debido a la competencia de otros frutales y a los elevados costes de su manejo poscosecha, que sigue siendo en su mayor parte de tipo manual. La región de Campania concentra el 50% de la producción de caqui, seguida de Emilia-Romagna (33%) y Sicilia (11%). El cultivo esta basado mayoritariamente en la variedad ‘Kaki Tipo’ (más del 90%) que se comercializa como caqui blando en las regiones del norte del país y como caqui duro para exportación. Otras variedades astringentes cultivadas en Italia son ‘Vainiglia’, ‘Mercatelli’ y ‘Moro’ y en menor medida algunas variedades no astringentes como ‘Hana Fuyu’, ‘Jiro’ y ‘O’Gosho’ (Bellini y col., 2008). En los últimos años se ha introducido también la variedad española ‘Rojo Brillante’ (Giordani, 2002; Bellini y Giordani, 2005).

Por lo que respecta a Azerbaiyán y Uzbekistán, sus producciones son principalmente de tipo local con variedades astringentes que se exportan mayoritariamente al mercado ruso. Este es uno de los grandes mercados para el caqui, que está controlado mayoritariamente por los operadores de Azerbaiyán. Se calcula que cada año entran en el mercado ruso alrededor de 200.000 t de caqui procedentes de las antiguas repúblicas soviéticas.

Turquía, Grecia, Egipto, Portugal y Marruecos, presentan volúmenes de producción de caqui muy pequeños destinados principalmente al mercado interior sin que existan estadísticas oficiales. Turquía, está iniciando el cultivo de variedades no astringentes de origen japonés que probablemente irán sustituyendo a las locales. En Grecia la situación es similar, con la reciente introducción de variedades no astringentes como 'Hana Fuyu' y 'O'Gosho'. En Portugal el caqui se cultiva de forma dispersa por todo el país, pero como árboles aislados o intercalados con otros frutales. La variedad 'Coroa de Rei' es la más importante, aunque también se cultiva algo de 'Triumph', 'Hana Fuyu' y 'O'Gosho'. La producción de caqui en todos estos países presenta una clara tendencia hacia las variedades de tipo no astringente aunque, debido a su éxito comercial en los mercados europeos, también están realizando plantaciones de 'Rojo Brillante'.

Otros países mediterráneos en los que también se produce caqui, aunque en muy pequeñas cantidades son Chipre y Eslovenia, donde se cultiva principalmente 'Kaki Tipo' y 'Lycopersicon'. En Montenegro y Macedonia se cultiva la variedad 'Costata', con una producción de 2.000 t en este último país (Bellini y Giordani, 2005).

1.2. EL CULTIVO DEL CAQUI EN ESPAÑA

En España el árbol del caqui es conocido desde antiguo en las regiones de clima templado como Cataluña, Andalucía y la Comunitat Valenciana, donde era frecuente encontrarlo como árbol aislado en los márgenes de las parcelas y junto a edificaciones rurales. A mediados del siglo XX comienzan a realizarse pequeñas plantaciones comerciales con las va-

riedades más comunes: 'Tomatero' en la comarca del Alto Palancia en Castellón y 'Picudo' ('Costata') y 'Cristalino' en la comarca de la Ribera Alta en Valencia. En esta comarca aparece entonces la variedad 'Rojo Brillante', que ha supuesto una auténtica revolución en el cultivo del caqui en la Comunitat Valenciana y en España. El origen de la variedad 'Rojo Brillante' no está totalmente claro, pero la hipótesis más aceptada es que procede de una mutación de una yema de la variedad 'Cristalino' que se dio en esta comarca valenciana. Algunos productores empezaron a propagar esta nueva mutación y la llamaron 'Rojo Gordo' por su gran calibre, cultivándose junto a otras variedades durante años aunque su expansión no estaba todavía plenamente desarrollada. De hecho hoy en día es posible encontrar algunos árboles aislados con más de 60 años de edad y pequeñas plantaciones de 40-50 años. En los años 70, la oficina del Servicio de Extensión Agraria en Carlet realizó una prospección para seleccionar los mejores cultivares de caqui. La variedad 'Rojo Gordo' resultó ser la que presentaba las características más sobresalientes y se renombró como 'Rojo Brillante' (Llácer y col., 2008).

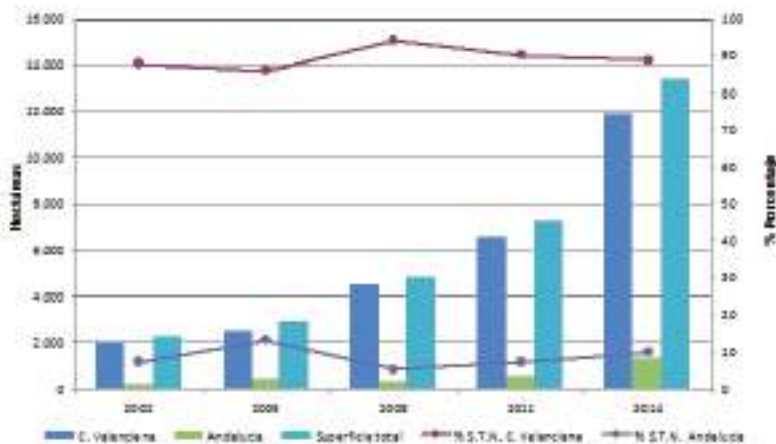
Tradicionalmente el 'Rojo Brillante' se comercializaba tras someterlo a tratamientos poscosecha de sobremaduración que, además de eliminar la astringencia, provocaban el ablandamiento de la pulpa, consumiéndose el fruto con una consistencia gelatinosa. Si bien era una fruta muy apreciada por un sector de consumidores tradicionales, presentaba una enorme dificultad de manipulación poscosecha debido a la baja firmeza del fruto, lo que limitó notablemente su expansión comercial. Esta situación cambió radicalmente en 1997 cuando el sector productor del caqui y el IVIA desarrollan y ponen a punto para la variedad 'Rojo Brillante' una técnica poscosecha con altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), que permite eliminar la astringencia manteniendo la firmeza del fruto. Aunque esta tecnología ya se aplicaba en otros cultivares de caqui en Israel y Japón, su desarrollo en 'Rojo Brillante' permitió exportar esta variedad a mercados lejanos con el consiguiente aumento exponencial de su cultivo en España en las últimas dos décadas.

En la actualidad, la distribución varietal del caqui en España se centra en la variedad ‘Rojo Brillante’, con más de 150.000 t principalmente en la Comunitat Valenciana y la variedad ‘Triumph’ con unas 12.000 t procedentes fundamentalmente de Andalucía. Se pueden encontrar también algunas plantaciones de variedades como ‘Tonewase’, ‘Tomatero’, ‘Hachiya’, ‘Jiro’, ‘HanaFuyu’ y ‘Picudo’, que por diferentes motivos no han presentado hasta el momento un elevado interés comercial.

1.2.1. Evolución del cultivo del caqui en España. Importancia de la variedad ‘Rojo Brillante’

En la Fig. 1.3 se muestra la evolución de la superficie cultivada en las dos principales comunidades autónomas españolas productoras de caqui, la Comunitat Valenciana y Andalucía. En menos de diez años la superficie de caqui se ha multiplicado por seis, pasando de algo más de 2.000 ha a sobrepasar las 13.000 ha. Es de destacar que este importante crecimiento se debe al incremento de la producción de la variedad ‘Rojo Brillante’ experimentado en la Comunitat Valenciana.

Figura 1.3. Evolución de la superficie dedicada al cultivo del caqui en España (ESYRCE-MAGRAMA, STN: superficie total nacional).



La producción en Andalucía está centrada en la variedad 'Triumph', aunque en los últimos años la mayor parte de las nuevas plantaciones ya son de 'Rojo Brillante'.

Debido a la gran expansión del caqui en la Comunitat Valenciana y concretamente en la comarca de la Ribera Alta, en 1997 se creó el CRDO Kaki Ribera del Xúquer, con el objetivo de garantizar la calidad y procedencia del caqui 'Rojo Brillante' producido en dicha zona. Esta entidad realiza también campañas de promoción en el mercado interior y exterior, que han sido claves para abrir y consolidar nuevos mercados. En la Fig. 1.4 se muestra la evolución de la superficie inscrita en el CRDO Kaki Ribera del Xúquer, que se ha multiplicado por diez y supone casi ya la mitad de la superficie de la Comunitat Valenciana. Hay que tener en cuenta que estos datos estadísticos se refieren únicamente al ámbito del CRDO Kaki Ribera del Xúquer, que incluye las comarcas de la Ribera Alta y Baja, aunque la gran mayoría de la producción de caqui esta concentrada actualmente en la Ribera Alta.

Figura 1.4. Evolución de la superficie de caqui 'Rojo Brillante' inscrita en el CRDO Kaki Ribera del Xúquer.

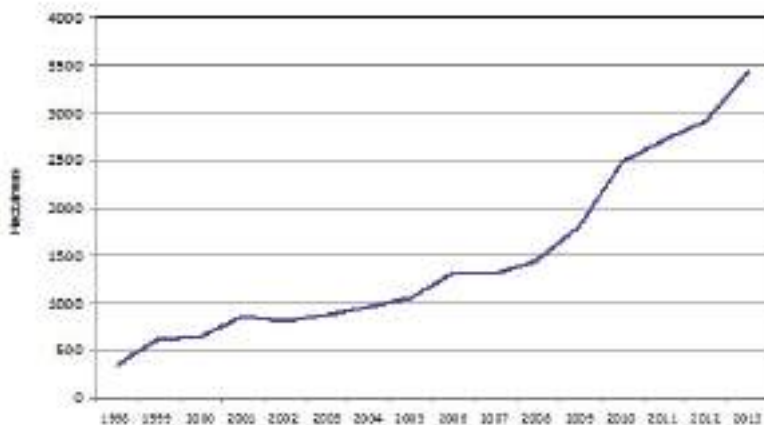
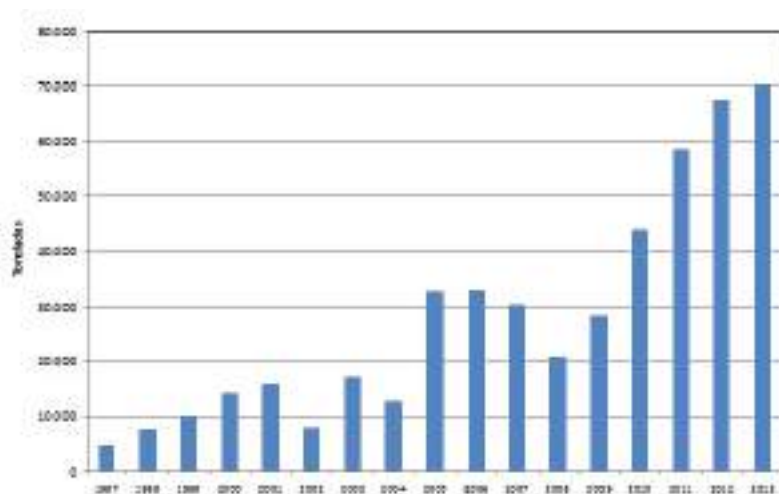


Figura 1.5. Evolución de la producción de caqui ‘Rojo Brillante’ comercializada por los asociados al CRDO Kaki Ribera del Xúquer.



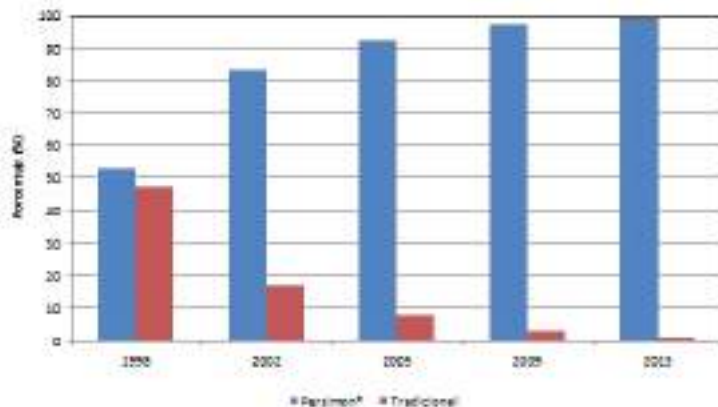
En la Fig. 1.5 se muestra la evolución del caqui comercializado por los asociados del CDRO Kaki Ribera de Xúquer desde su creación. Partiendo de las 5.000 t del año 1997 la producción de caqui sufrió un crecimiento muy significativo hasta las más de 16.000 t en el año 2001. En 2002 se produjo un descenso debido a precipitaciones de granizo que arruinaron la práctica totalidad de la producción. En 2003 y 2004 las heladas primaverales también provocaron una reducción considerable de la cosecha. En 2005 se recupera de nuevo la producción y se vislumbra el verdadero potencial productivo de este cultivo dentro del ámbito del CDRO Kaki Ribera de Xúquer. En 2006 y 2007 se producen de nuevo heladas que mermaron notablemente la producción. En 2008 y 2009 se registra una importante disminución de la cosecha como consecuencia de la aparición de una nueva enfermedad en el cultivo del caqui en España, causada por el hongo *Mycosphaerella nawae* Hiura & Ikata (Capítulo 10). Una vez implementadas las medidas de control efectivas para esta enfermedad, la producción de caqui recobra la normalidad en las campañas 2010 y 2011 y continúa con un crecimiento sostenido en los siguientes años.

1.2.2. Comercialización del caqui ‘Rojo Brillante’

Como ya se ha mencionado anteriormente, la variedad ‘Rojo Brillante’ es de tipo astringente, lo que implica la necesidad de eliminar esta astringencia en poscosecha. Tradicionalmente esto se venía realizando por sobremaduración de los frutos, lo que provocaba la pérdida de firmeza de la pulpa adquiriendo una consistencia gelatinosa y un grado de azúcares elevado. La dificultad de la manipulación de los frutos blandos impidió su exportación a mercados lejanos. Con el desarrollo y puesta a punto de la técnica para eliminar la astringencia del ‘Rojo Brillante’ con altas concentraciones de CO_2 , a finales de los años 90 comienzan a comercializarse los primeros frutos de esta variedad de consistencia firme, pulpa crujiente y color anaranjado. La técnica para eliminar la astringencia permite la recolección del ‘Rojo Brillante’ antes de su completa maduración, y comercializar la fruta con pulpa firme, un menor grado de azúcares y le proporciona una vida comercial más prolongada que en el caso del caqui blando tradicional.

La irrupción en los mercados de esta nueva forma de consumo bajo la marca ‘Persimon®’, registrada por el CRDO Kaki Ribera del Xúquer, ha

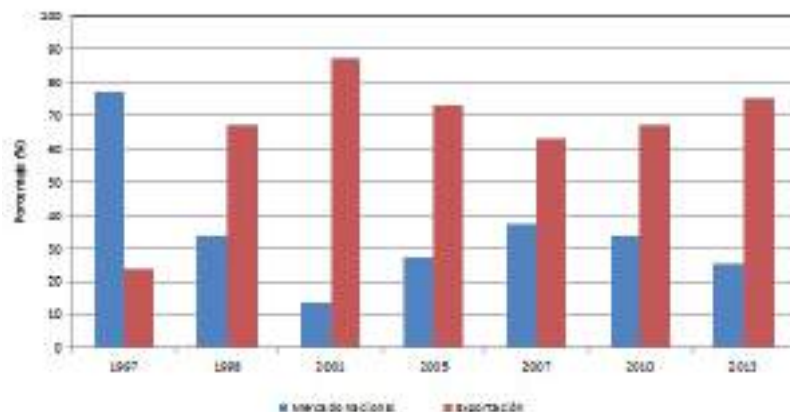
Figura 1.6. Evolución del porcentaje de caqui ‘Rojo Brillante’ comercializado por los asociados al CRDO Kaki Ribera del Xúquer.



sido el catalizador del importante crecimiento del cultivo de caqui en la Comunitat Valenciana. De hecho, el caqui ‘Rojo Brillante’ comercializado con la marca ‘Persimon®’ ha ido ganando terreno al consumo de caqui blando tradicional y en estos momentos ocupa prácticamente todo el mercado (Fig. 1.6). En el año 1998 el caqui blando tradicional todavía tenía cierto peso, pero fue descendiendo progresivamente hasta convertirse en una figura testimonial en el año 2005, con porcentajes de tan solo el 1-2%.

La importante labor de promoción llevada a cabo por CRDO Kaki Ribera del Xúquer, unida a la experiencia y capacidad exportadora de las cooperativas y empresas asociadas, han permitido introducir esta nueva forma de consumo del caqui con la marca Persimon® en nuevos mercados, tanto nacional como internacionales. Esto se ha traducido en un incremento exponencial de las exportaciones de caqui en los últimos años (Fig. 1.7), que han pasado de un porcentaje inferior al 25% en 1997 a más del 75% en la actualidad. También se observa un importante crecimiento del consumo interno, sobre todo a partir de 2005, como consecuencia de las fuertes inversiones en campañas de promoción y de la entrada del caqui en las principales cadenas de distribución alimentaria en España.

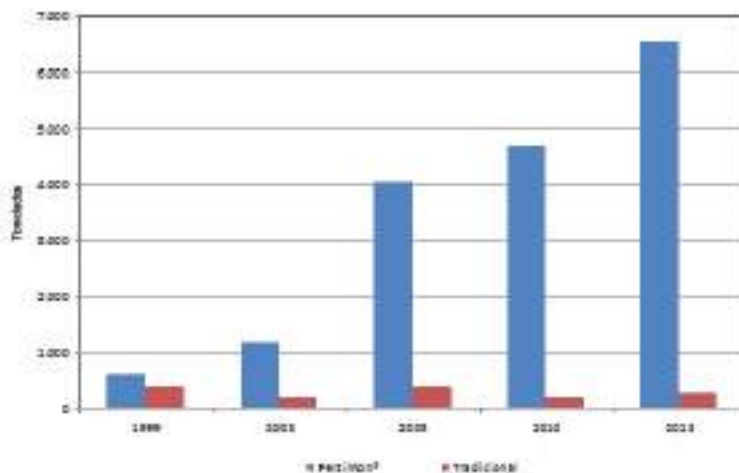
Figura 1.7. Evolución de los mercados de destino del caqui ‘Rojo Brillante’ (CRDO Kaki Ribera del Xúquer).



No obstante, hay que tener en cuenta también que el éxito en la introducción del caqui ‘Persimon®’ en los distintos mercados ha sido variable dependiendo del grado de conocimiento previo que se tenía de esta fruta. En los mercados tradicionales acostumbrados al caqui blando, como España y Francia, la introducción del caqui ‘Persimon®’ ha resultado más lenta. Algunos consumidores de estos países todavía tienen ciertos prejuicios sobre esta nueva forma de consumo del caqui, que asocian a estados inmaduros y astringentes del caqui blando tradicional.

La reacción del mercado nacional frente a la introducción del caqui ‘Persimon®’ queda reflejada en la Fig. 1.8. En las primeras campañas los volúmenes comercializados de caqui en su forma tradicional y ‘Persimon®’ son bastante similares. A partir de 2003 y sobre todo 2005 la comercialización del caqui ‘Persimon®’ experimenta un importante despegue, como consecuencia de una apuesta firme y decidida por este producto que estuvo apoyada por campañas publicitarias en televisión así como también la entrada de las principales cadenas de distribución.

Figura 1.8. Evolución de la comercialización del caqui ‘Rojo Brillante’ en el mercado español bajo su forma tradicional y la marca comercial ‘Persimon®’ certificadas por el CRDO Kaki Ribera del Xúquer.

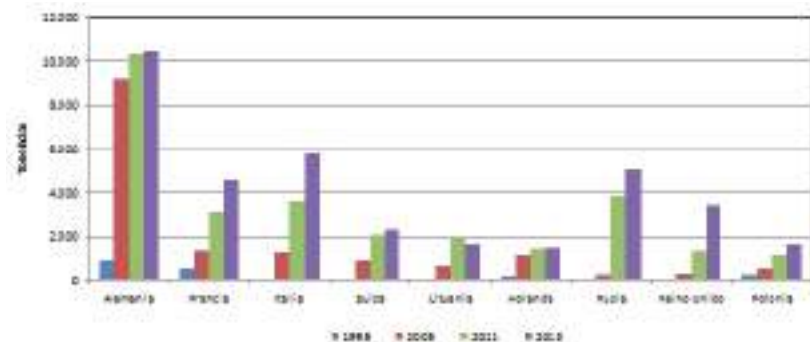


Los países donde no habían precedentes de consumo del caqui blando tradicional, como Alemania, aceptaron rápidamente el caqui ‘Persimon®’ como una nueva fruta. Esto ayudó a la gran distribución a crecer rápidamente, convirtiendo a este país en el principal destino del caqui español. Como se ha comentado anteriormente, otro de los factores determinantes del éxito del caqui ‘Persimon®’ en Alemania fue sin duda la estrecha relación comercial existente entre este mercado y nuestro sector productor con fuerte tradición exportadora a ese país.

En otros mercados como Italia, el caqui ‘Rojo Brillante’ en su nueva forma de consumo duro también ha tenido un éxito considerable. No obstante, en este país todavía se consume mayoritariamente la variedad ‘Kaki Tipo’ en su forma blanda tradicional. Rusia es otro de los mercados donde existía ya un importante consumo de caqui blando tradicional procedente de países limítrofes, fundamentalmente Azerbaiyán. Aunque durante los primeros años los volúmenes de caqui ‘Persimon®’ exportados a Rusia fueron bajos debido a problemas comerciales, con el tiempo este país se ha convertido en uno de los principales mercados, especialmente para categorías de menor calidad.

Otros países en los que se ha introducido gradualmente el caqui español hasta llegar a representar un volumen destacado son Suiza, Lituania, Países Bajos y Reino Unido. Aunque todavía con poco volumen, países como

Figura 1.9. Evolución de los principales mercados de destinos de las exportaciones de caqui (CRDO Kaki Ribera del Xúquer).



Austria, República Checa, Finlandia, Letonia, Bielorrusia, Dinamarca, Brasil, Portugal, Eslovaquia, Noruega, Bélgica, Polonia y Suecia son también destino de las exportaciones de caqui 'Persimon®' que van aumentando año tras año. Además, países como Canadá, Brasil o Estados Unidos, en los que se han iniciado recientemente las exportaciones, ya empiezan a presentar un importante potencial de mercado.

1.3. BIBLIOGRAFÍA

- Badenes, M.L., Garcés, A., Martínez-Calvo, J., Romero, M., Clavé, J., Rovira, M., Llácer, G. 2003. Genetic diversity of introduced and local Spanish persimmon cultivars revealed by RAPD markers. *Gen. Res. Crop Evol.* 50:579-585.
- Bellini, E., Giannelli, G., Giordani, E., Villa, S. 1992. Il miglioramento genetico del kaki: Studio sull'ereditarietà di alcuni caratteri e individuazione di promettente selezione. *Inf. Agrar.* 48:43-64.
- Bellini, E., Giordani, E. 1999. Consevazione e utilizzazione dei fruttiferi minori in Europa. *Inf. Agrar.* 9:79-86.
- Bellini, E., Giordani, E. 2005. Germplasm and breeding of persimmon in Europe. *Acta Hort.* 685:65-76.
- Bellini, E., Giordani, E., Nin, S. 2008. Evolution of persimmon cultivation and use in Italy. *Adv. Hort. Sci.* 22: 233-238.
- Benelli, C., Bellini, E., Giordani, E., Lambardi, M. 1999. In vitro plant regeneration and microprojectile bombardment of callus from Japanese persimmon shoot tip (*Diospyros kaki* cv. Kaki Tipo) *Adv. Hort. Sci.* 13:82-86.
- Giordani, E. 2002. Varietal assortment of persimmon in the countries of the Mediterranean area and genetic improvement. p. 126. En: E. Bellini, E. Giordani (eds), First Mediterranean symposium on persimmon. *Options-Méditerranées. Serie A: Etudes et recherches*, 51.

- Llácer, G., Badenes, M.L. 2001. Persimmon production and market. First Mediterranean symposium on persimmon. Faenza (Italy), 23-24 November 2001, p. 9-21.
- Llácer, G., Martínez-Calvo, J., Naval, M., Badenes, M.L. 2008. From germplasm to fruit export: the case of 'Rojo Brillante' persimmon. *Adv. Hort. Sci.* 22:281-285.
- Zhang, Q., Guo, D., Luo, Z., Yang, Y. 2009. Current progress on industry and science of persimmon in China. *Proceedings of the IV International Symposium on Persimmon. Acta Hort.* 833:25-30.

2

MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

Edgardo Giordani¹, Enzo Picardi¹ y Silvia Radice²

¹ Dipartimento delle Produzioni Agro-Alimentari e dell'Ambiente
Università di Firenze - Italia

² Cátedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Agronomía y Ciencias
Agroalimentarias UM. Buenos Aires - Argentina

MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

El caqui, *Diospyros kaki* Thunb., es un árbol longevo y rústico que en condiciones favorables de crecimiento puede alcanzar importantes alturas. En las variedades más vigorosas se han registrado árboles de hasta 10 m. Es una especie caducifolia con fases fenológicas bien definidas y similares a las de otras especies frutales arbóreas de clima templado (Figs. 2.1 y 2.2), (García-

Figura 2.1. Estadios fenológicos de crecimiento del caqui ‘Rojo Brillante’ en España.

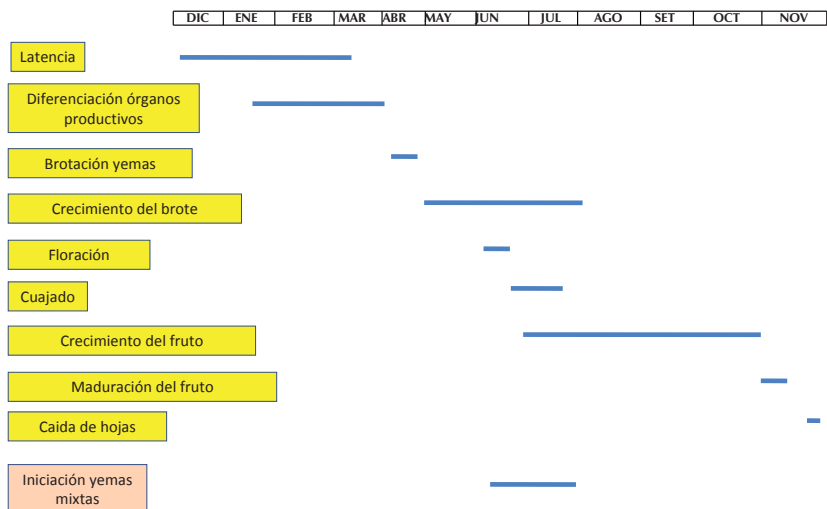










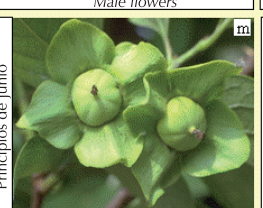



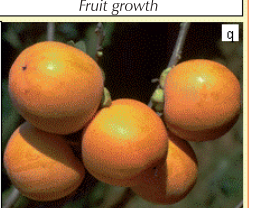


Figura 2.2. Estadios fenológicos del caqui (Bellini y col., 2008).

Fases fenológicas - <i>Phenological stages</i>			
Diciembre-enero	 a	 b	 c
	Yema en reposo <i>Dormant bud</i>	Yema hinchada <i>Swelled bud</i>	Inicio de la brotación <i>First sprouting</i>
Mediados de abril	 d	 e	 f
	Brote con yemas florales <i>Flower sprout</i>	Yema floral crecida <i>Development of flower sprout</i>	Capullo floral femenino <i>Female flower</i>
Primeros-mediados de mayo	 g	 h	 i
	Flor femenina en plena floración <i>Full female bloom</i>	Flores masculinas <i>Male flowers</i>	Flor femenina en fin de floración <i>End of female flowering</i>
Finales de mayo	 l	 m	 n
	Cuaje <i>Fruit set</i>	Frutitos cuajados <i>Small fruits</i>	Frutos en crecimiento <i>Fruit growth</i>
Finales de agosto	 o	 p	 q
	Inicio de la maduración de los frutos <i>First colour changing</i>	Frutos en fase de maduración <i>Advanced colour changing</i>	Frutos al momento de la cosecha <i>Fruits at harvest</i>

Carbonell y col., 2002; Bellini y col., 2008). El caqui presenta aspectos morfológicos y fisiológicos característicos que se describirán a continuación atendiendo a los órganos más importantes y las fases fenológicas que se observan en esta especie frutal.

2.1. LA SEMILLA

Los frutos del caqui son en general partenocárpico, es decir que no presentan semillas debido a la falta de polinización. En los frutos que sí son fecundados pueden contarse hasta ocho semillas por fruto ubicadas una en cada lóculo. Las semillas son del tipo endospermico dado que su embrión está rodeado de un tejido de alto valor nutritivo denominado endospermo. El embrión es de color blanco formado por la radícula, el hipocótilo y un par de cotiledones que junto al endospermo están protegidos por un involucro de tejido resistente denominado testa (Fig. 2.3a). El color externo de las semillas es marrón con variaciones en la tonalidad, es decir más claras o más oscuras y de forma variada pero siempre aplanada (Fig. 2.3b).

La forma de las semillas varía de aovada a elíptica y el color en diversas tonalidades del marrón. También son muy variables el peso y sus dimensiones. Todas estas características se consideran importantes para la diferenciación varietal. En la Tabla 2.1 se muestran algunos valores de los caracteres mencionados evaluados entre ejemplares de una colección de 52 variedades (Bellini, 1982).

Tabla 2.1. Principales características morfológicas de las semillas de caqui.

Carácter	Categoría		
Peso (g)	Bajo (<0.6)	Medio (0.6 -0.9)	Alto (>0.9)
Relación alto/ancho	Baja (<1.5)	Media (1.5-2.5)	Alta (>2.5)
Relación alto/espesor	Baja (<4)	Media (4-5.5)	Alta (>5.5)
Ángulo apical (°)	Agudo (<80)	Recto (80-100)	Obtuso (>100)
Ángulo basal (°)	Agudo (<80)	Recto (80-100)	Obtuso (>100)

Figura 2.3. Semillas de caqui: a) corte transversal de la semilla, testa t, endospermo e, micrópilo m, radícula r, hojas cotiledonares hc e hipocótilo hp (barra: 0,5 cm); y b) variabilidad de la forma, dimensión y color de las semillas las variedades 'Atago', 'Kaki Tipo' y 'Costata' (filas de arriba abajo).



La germinación de las semillas de caqui se logra después de superado el período de latencia que normalmente se cumple colocando las semillas a 4°C durante 2-3 meses. Cumplido este período de vernalización, las semillas pueden sembrarse. En contacto con el sustrato húmedo la semilla se hincha y la germinación comienza con la salida de la radícula a través del micrópilo (Fig. 2.3a). Por encima del sustrato aparece el tegumento seminal que envuelve a los cotiledones acompañado del alargamiento del hipocótilo (Fig. 2.4a). El crecimiento continúa con la apertura de las dos hojas cotiledonares, es decir

Figura 2.4. Plántula de caqui: a) semilla en fase de germinación y plántula con el involucro por encima de las hojas cotiledonares (flecha) (barra: 1 cm); y b) plántulas en crecimiento (barra 5 cm).



que se trata de una germinación epigea a diferencia de otras especies que presentan una germinación hipogea en las cuales la semilla permanece por debajo del sustrato de germinación. A partir de la raíz embrionaria crece una raíz pivotante poco fasciculada que cumple una función preponderante en los sucesivos trasplantes de las plantas de caqui obtenidas.

El vigor de germinación de las semillas de caqui varía de manera notable en función del año de producción, de la planta de la cual fueron extraídas y de la especie donante de polen es decir, del polinizador. En general, las semillas se estratifican a finales de invierno en un sustrato compuesto de perlita o algún otro tipo de material poroso en el cual después de 10-30 días se pueden ver las jóvenes plantas (Fig. 2.4b) que crecen muy bien en ambientes sombreados y con niveles altos de humedad.

2.2. LAS HOJAS

Las hojas son simples y están insertas en la rama según el índice de filotaxis 2/5 con un pecíolo corto respecto de la lámina foliar. La forma y el tamaño de las mismas varían según la variedad, la edad de la planta, el tipo de rama y la posición en la cual se insertan. Son en general elípticas u ovadas, pero siempre son más largas que anchas. Bellini (1982) describió hojas de variedades con valores promedios de superficie de la lámina foliar variables entre 40 cm² y 155 cm². Los ángulos foliares del ápice y la base pueden también variar en sus medidas de manera notable y son los que en definitiva determinarán la forma del limbo foliar. El color de la lámina foliar varía entre el verde oscuro intenso y brillante para la cara superior a verde claro plateado en la lámina inferior. En algunas variedades las hojas viran al color rojo durante el otoño. El limbo foliar es ligeramente ondulado y el margen es entero. La nervadura principal y las secundarias son muy visibles y generalmente sobresalen de la superficie en el envés. Las hojas crecen en la primavera antes de las flores y la abscisión ocurre entrado el otoño. El caqui es un frutal de hoja caduca (Figs. 2.5a y 2.5b).

Figura 2.5. Árbol de caqui: a) diversas tonalidades de las hojas antes de la caída otoñal; y b) árbol sin hojas y con frutos durante el invierno.



2.3. LAS YEMAS

Las yemas son solitarias y están situadas en las axilas de las hojas (Figs. 2.2a y 2.2b). La forma varía entre cónica, ovoide y redondeada. También varían su tamaño, pubescencia y grado de divergencia en la rama desde poco a muy divergentes. Durante el período de reposo invernal, las yemas de madera o vegetativas están cubiertas con varios estratos de pérulas que en la primavera caen permitiendo así la emergencia de un brote tierno compuesto de hojas, nuevas yemas, nudos, entrenudos y ápice.

En el caso de yemas mixtas se observan las mismas estructuras con el agregado de yemas florales. Estos dos tipos de yemas se diferencian por la forma externa. Las yemas mixtas son de forma cónica, de base ancha más o menos puntiagudas mientras que las vegetativas son muy puntiagudas. El caqui posee además yemas latentes que se encuentran dispersas en el tronco y en las ramas pero no son muy visibles y crecen solamente en ausencia de las yemas axilares o por causas de algún evento particular acaecido sobre las yemas vegetativas o mixtas como podría ser por podas muy severas, por frío, por ataque de patógenos, etc.

La diferenciación de la yema floral dentro de las yemas mixtas, ocurre por lo general, al final de la primavera (Fig. 2.1). Esta fase de desarrollo coincide con la finalización del crecimiento del brote que se manifiesta con el crecimiento de una yema terminal. En este estadio es posible observar sépalos y pétalos en el interior de una yema mixta (George y col., 1997). El resto de las piezas florales se diferenciarán después del período de reposo invernal y poco antes del inicio de la floración en la primavera sucesiva.

Las yemas ubicadas en la parte externa respecto de la copa y en posición basal dentro de una misma rama, son las que más posibilidades tienen de diferenciarse en yemas florales, por lo tanto, las yemas basales de una rama son en general mixtas mientras que las ubicadas en la porción media o apical son de madera. Como ya se verá en detalle, las yemas mixtas pueden diferenciar flores femeninas, masculinas o hermafroditas. Independientemente del tipo de flor, el proceso de diferenciación es semejante. Del número de yemas florales diferenciadas dependerá el número de frutos producidos en el año sucesivo.

La diferenciación floral de los brotes en crecimiento está fuertemente afectada por una excesiva carga de frutos en crecimiento, la escasa iluminación de la rama, por podas invernales muy severas o por una baja relación de C/N. Una estrecha competencia entre órganos en crecimiento o elevadas fertilizaciones con nitrógeno promueven una baja relación de C/N. Todos estos fenómenos que influyen en detrimento de la diferenciación floral pueden conducir a la alternancia de fructificación, es decir un año de mucha

Figura 2.6. Ramas de caqui: a) brote vegetativo de primavera en fase de crecimiento con yemas florales crecidas en las axilas de las hojas (barra: 1mm); y b) ramas invernales leñosas con diferentes tonalidades de la epidermis y las yemas insertas en los nudos (barra: 10 mm).



producción de frutos seguido de otro con escasa producción, como ocurre en otras especies frutales (Mowat y George, 1994; Scheepers, 2010).

2.4. DESARROLLO DE LAS YEMAS Y RAMAS

Las yemas vegetativas y mixtas inician el crecimiento del brote después de haber cumplido con los requerimientos de horas de frío, durante la primavera (Fig. 2.2a, 2.2b, 2.2c y 2.2d). Se estima que son necesarias algo menos de 200 horas por debajo de 7°C, pero hasta hoy este aspecto no se ha evaluado de manera precisa. Después de la latencia en el período invernal, las yemas aumentan de tamaño y pierden sus pérulas. De manera inmediata se alargan todas las estructuras ya formadas hasta que en el período estival se detiene el crecimiento y comienza la lignificación. Sobre este brote es posible encontrar hojas, yemas y frutitos en crecimiento en el caso de tratarse de ramas fructíferas. El caqui diferencia flores y produce frutos sobre ramas crecidas de brotes iniciados en la misma primavera sobre las cuales ocurre la floración (“rama del año”) (Fig. 2.6a).

- Una rama chupona o rama de madera de elevado vigor que normalmente tiene un porte vertical cuyas yemas producirán solo brotes (yemas de madera).
- Una rama mixta fructífera, de vigor variable que en general crece de manera oblicua y otras veces horizontal o péndula. En la base tiene yemas mixtas.
- Una brindilla o rama corta con abundantes yemas mixtas. Esta es más frecuente en ramas adultas.

Un destino u otro dependerán de la combinación de diversos factores tales como el estado nutricional de la planta, la intensidad de la poda invernal aplicada, el número de yemas presentes en el árbol, las condiciones ambientales, la fertilidad del suelo y el agua disponible.

Las ramas mixtas se diferencian también en función de diversos factores tales como la variedad, la longitud de los entrenudos, la longitud total

Figura 2.7. Flores de caqui: a) flor femenina, pistilada y solitaria con mayor tamaño de los sépalos s; y b) flores masculinas y hermafroditas agrupadas en inflorescencias de tres flores con disposición lateral para las dos masculinas y central para la hermafrodita (flechas) (barras: 1 cm).



de las ramas, el espesor y superficie más o menos rugosa, por el color de marrón a gris de la corteza y por el número y formas de las lenticelas (Fig. 2.6b). El número de yemas por unidad de longitud de la rama está altamente relacionado con la variedad.

2.5. LAS FLORES

Como ya se ha señalado, las flores se originan en las yemas mixtas situadas en una rama mixta. La inducción floral comienza con la diferenciación de sépalos y pétalos a finales de la primavera para continuar en la primavera después del reposo invernal. La flor se completa con la diferenciación de los órganos reproductivos femeninos, es decir los pistilos, y/o masculinos o estambres.

Es muy importante recordar que la expresión del sexo en el caqui es muy compleja y está estrechamente relacionada con la cantidad, la calidad y el tipo de fruto producido. El árbol de caqui desarrolla tres tipos de flores diferentes: femenina o pistiladas, masculinas o estaminadas, y hermafroditas con pistilos y estambres en una misma flor (Fig. 2.7a y 2.7b). En un mismo árbol podremos encontrar flores femeninas solamente, o flores femeninas y masculinas como así también los tres tipos juntos, es decir, femeninas, masculinas y hermafroditas (Figs. 2.8, 2.9a y 2.9b). En muy raras ocasiones se encuentran árboles con flores masculinas y hermafroditas sin femeninas.

Figura 2.8. Diferentes fases de las flores femeninas de la variedad 'Kaki Tipo' (barra: 1 cm).



Figura 2.9. Flores de caqui: a) planta con flores femeninas solitarias pistiladas f, masculinas estaminíferas m y hermafroditas h; y b) rama con flores masculinas (barras: 1 cm).



Como se detalla en la sección dedicada al material vegetal (Capítulo 3), las variedades de caqui presentan flores femeninas en una gran proporción y es muy raro encontrar ejemplares con flores femeninas y masculinas. No se emplean variedades comerciales que tengan flores hermafroditas dado que los frutos derivados de este tipo de flor son muy pequeños (Fig. 2.10).

Figura 2.10. Frutos de pequeño tamaño derivados de flores hermafroditas (barra: 1 cm).



Por todas estas características descritas, el caqui puede considerarse como una especie diclino monoica, con flores femeninas y masculinas en un mismo árbol, diclino dioica, con flores femeninas y masculinas situadas en diferentes árboles, y polígamo dioicas, con los tres tipos de flores en un mismo árbol.

Las flores femeninas son solitarias, axilares y de tamaño notorio por lo cual son fáciles de identificar dentro de la copa sobre todo por el voluminoso cáliz cuatro-lobado de color verde claro (Fig. 2.7a). El cáliz, por su gran dimensión y por ser fotosintéticamente activo cumple una importante función en el crecimiento cualitativo y cuantitativo del fruto. La corola está formada por un tubo corolino de cuatro pétalos unidos en la base y libres en la parte superior del limbo, de color blanco amarillento aunque podemos encontrar tipologías de corola con diversas tonalidades e intensidades de color rojo. El androceo está compuesto por ocho estambres cuyas anteras están atrofiadas, es decir que son estériles. El gineceo está formado por un ovario súpero globoso de ocho lóculos; un estilo cuadrangular y un estigma en forma de hilachas.

Las flores masculinas tienen el ovario abortado, son también axilares pero se encuentran en general en grupos de tres (en general la central es hermafrodita) (Fig. 2.7b). Son de menor tamaño que las femeninas y al igual que éstas, poseen una corola tubiforme con pétalos soldados en la base y libres en la parte superior. El androceo está compuesto por 20 estambres con anteras muy desarrolladas con numerosos granos de polen que son muy atractivos para las abejas. El ovario abortado se manifiesta como un pequeño mucrón de superficie redondeada.

Las flores hermafroditas pueden ser solitarias o agrupadas en inflorescencias de tres flores de las cuales sólo la flor central es hermafrodita y las laterales masculinas. Las dimensiones y características morfológicas son intermedias a las ya descritas para las femeninas y masculinas.

Los tres tipos de flores se diferencian por el tamaño del cáliz, la longitud del pecíolo, el tamaño y forma de los sépalos, el tamaño y forma del tubo

corolino y el limbo como así también por el tamaño y forma del receptáculo y son atractivos para las abejas. En el caso de las flores femeninas, las visitas de abejas están determinadas por la abundante producción de néctar (Piazza y Intoppa, 1996).

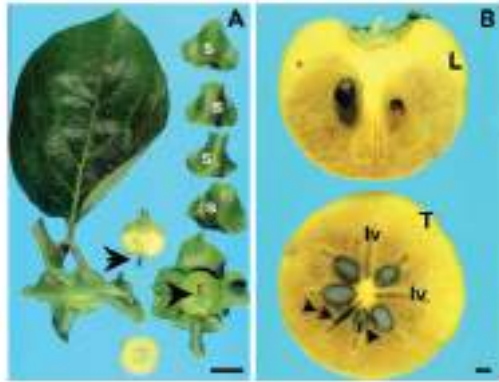
Si bien la expresión del sexo está determinada genéticamente y asociada a la variedad, esporádicamente pueden individualizarse en una misma variedad ramas con flores femeninas que diferencian flores masculinas con polen viable (Yakushiji y Nakatsuka, 2007). Este interesante fenómeno resulta de mucha utilidad en la mejora genética, ya que permite disponer de polen de variedades que en general no lo producen y de esta forma se puede usar en polinizaciones controladas.

La fase de plena floración se da durante la primavera, generalmente de mayo a junio. La floración del caqui ocurre de forma bastante escalonada en un período de 10-15 días (Fig. 2.8a). El período de plena floración es bastante homogéneo incluso en variedades diferentes. Un buen manejo de las variedades en el área de cultivo permite obtener producciones de frutos partenocárpicos muy elevadas, alcanzando incluso más de 50 t/ha. Estas producciones son equiparables a las obtenidas con variedades polinizadas y fecundadas. En las variedades no astringentes en el momento de la cosecha CFNA (PCNA), la producción de frutos es más baja debido a su menor cuajado y a una mayor caída de frutos (Bellini, 1982).

2.6. LOS FRUTOS

La producción de frutos de caqui, tanto de tipo sexual o partenocárpica, se obtiene principalmente a partir de flores pistiladas y no de las hermafroditas, por la diferencia de tamaño señalada anteriormente. Los frutos obtenidos por vía sexual proceden de flores polinizadas por insectos y en las cuales, según el número de óvulos fecundados, se producen 1-8 semillas (Fig. 2.11a y 2.11b). En el caso de los frutos partenocárpicos, sin fecundación, no se desarrollan semillas y esta característica determina que sean los más apreciados por el mercado.

Figura 2.11. Frutos de caqui: a) fruto en crecimiento, sépalos s, estilo y estigmas necrosados (flecha); y b) sección longitudinal L y transversal T de un fruto próximo a la maduración con cuatro semillas bien formadas, una de pequeño tamaño (flecha), una abortada (doble flecha) y dos lóbulos vacíos lv (barras: 0,5 cm).



Según la terminología botánica, el fruto del caqui es una baya que deriva de la transformación del ovario y de sus ocho carpelos y óvulos. El fruto está compuesto por una epidermis y una cutícula, un epicarpio y mesocarpio de consistencia carnosa y de las semillas obtenidas por la fecundación de los óvulos. En los frutos de algunas variedades se queda en el ápice un residuo del estilo de aproximadamente 2 mm que puede dañar por fricción la epidermis de otros frutos durante la fase de poscosecha.

Las dimensiones y peso de los caquis varían de unos pocos gramos hasta más de 500 g en función de la variedad, las condiciones agroclimáticas y la edad del árbol. La forma del fruto también es muy variable, desde aplanada a alargada, aunque los más habituales son los del tipo redondo con longitudes similares en los dos ejes principales (Fig. 2.12). En la fase madurez, la epidermis del fruto es de color amarillo con mayor o menor intensidad de color naranja mientras que en otros es de tonalidad rosada. El color de la pulpa varía según la variedad donante de polen, con frutos amarillo-naranja, rosado, rojo-marrón o bronce.

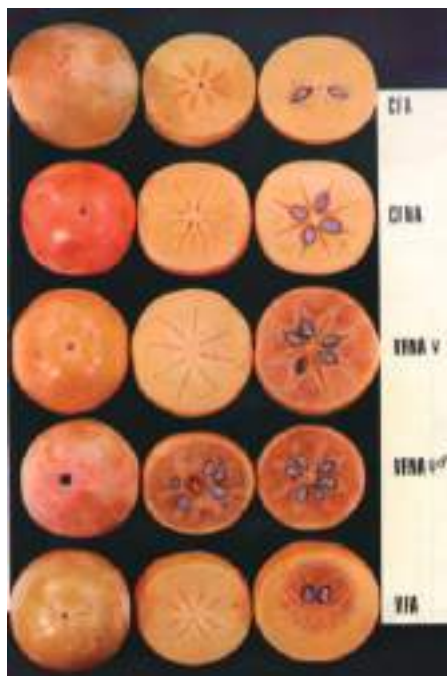
Los frutos de caqui sin semillas o fecundados de color verde (Fig. 2.11a) crecen durante un período de 120-190 días, según un patrón de crecimiento que se divide en tres fases. La fase I está asociada a la división, diferenciación y crecimiento celular y la fase III coincide con la expansión y maduración del fruto. La duración de estas dos fases es corta mientras que la fase II intermedia es mucho más prolongada. La variabilidad de los ejemplares se mide a través de determinados parámetros biométricos de los frutos durante la fase de maduración. En este estado se registran los siguientes parámetros: el volumen del receptáculo medido en ancho y alto, el color y espesor de la epidermis, su adhesión a la pulpa, el volumen de la zona fibrosa central, la textura de la pulpa, el sabor y el aroma, así como también el contenido de azúcar de la pulpa.

Figura 2.12. Frutos de caqui con diversas formas, tamaños y colores.



Los frutos se clasifican en relación al grado de astringencia de la pulpa en el momento de la maduración (fruto duro) (Tabla 2.2) (Fig. 2.13). La astringencia está directamente relacionada con la cantidad y el tipo de taninos presentes en la pulpa, la proporción de taninos solubles y la capacidad de las semillas para producir sustancias volátiles que inhiben la solubilización de los taninos durante el crecimiento del fruto (Sugiura, 1983; Sugiura y Tomana, 1983; Yamada y col., 1987). Los taninos solubles están contenidos en células especializadas de la pulpa. En las variedades astringentes los taninos se acumulan desde la floración hasta la fase III de crecimiento del fruto,

Figura 2.13. Clasificación pomológica del caqui en función de la astringencia de los frutos en el momento de la cosecha. Frutos partenocárpicos (sin semillas) y de flores fecundadas (frutos con semillas). Variedades 'Hachiya' CFA (PCA), 'Suruga' CFNA (PCNA), 'Kaki Tipo' VFNA (PVNA) sólo con flores femeninas fecundadas con polen de la misma variedad, 'Mercatelli' VFNA (PVNA) con flores femeninas y masculinas, 'Aizumishirazu' VFA (PVA). La pulpa de color más oscuro indica insolubilización de los taninos debida a la presencia de semillas.



mientras que en las variedades no astringentes la acumulación se detiene en la fase I. La pérdida natural de la astringencia está relacionada con la dilución de los taninos solubles y su coagulación como compuestos tánicos insolubles (Bellini y Giordani, 2002).

Tabla 2.2. Clasificación de las variedades de caqui en función del grado de astringencia de los frutos en el momento de la cosecha (Bellini, 1982; Sugiura, 1983).

Grupo pomológico	Nomenclatura Internacional	Frutos no fecundados Astringentes en el momento de la cosecha	Frutos fecundados Astringentes en el momento de la cosecha	Particularidades	Variedad de referencia
CFNA Constante a la polinización no astringente	PCNA <i>Pollination Constant Non Astringent</i>	NO	NO	Pulpa clara incluso con semillas	'Fuyu' 'Jiro', 'Hana Fuyu' 'O'Gosho'
CFA Constante a la polinización astringente	PCA <i>Pollination Constant Astringent</i>	SI	SI	Pulpa clara incluso con semillas	'Hachiya' 'Atago', 'Yokono'
VFA Variable a la polinización astringente	PVA <i>Pollination Variant Astringent</i>	SI	SI	Pulpa oscura alrededor de las semillas	'Rojo Brillante' 'Aizumishirazu' 'Koshu' 'Hyakume'
VFNA Variable a la polinización no astringente	PVNA <i>Pollination Variant Non Astringent</i>	SI	NO	Pulpa oscura en todo el fruto Incluso con pocas semillas	'Kaki Tipo' 'NishimuraWase' 'Zenjimanu'

2.7. BIBLIOGRAFÍA

- Bellini, E. 1982. Monografia delle principali cultivar di kaki introdotte in Italia. Parretti Grafiche. Firenze. Italia
- Bellini, E., Giordani, E. 2002. First Mediterranean symposium on persimmon. Options Méditerranéennes, Series A: 51. CIHEAM-Università degli Studi di Firenze-CRPV.
- Bellini, E. Giordani, E. Giannelli, G., Picardi, E. 2008. Le specie legnose da frutto. Liste dei caratteri distintivi. ARSIA, Firenze, Italia.
- García-Carbonell, S., Yagüe, B., Bleiholder, H., Hack, H., Meier, U., Agustí, M. 2002. Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospyros kaki*). Ann. Appl. Biol. 141:73–76.
- George, A.P., Mowat, A.D., Collins, R.J., Morley-Bunker, M. 1997. The pattern and control of reproductive development in non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L.). A review. Sci. Hort. 70:93-122.
- Piazza, M.G., Intoppa, F. 1996. L'impollinazione del kaki. Inf. Agrar. 23:33-35.
- Yakushiji, H., Nakatsuka, A. 2007. Recent persimmon research in Japan. Jap. J. Plant Sci. 1:42-62.
- Yamada, M., Kurihara, A., Sumi, T. 1987. Varietal differences in fruit bearing in Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thumb.) and their yearly fluctuations. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 56:293-299.
- Sugiura, A., Tomana, T. 1983. Relationships of ethanol production by seeds of different types of Japanese persimmons and their tannin content. HortScience 18:319-321.
- Sugiura, A. 1983. Origin in varietal differentiation in Japanese persimmon. Recent Adv. Plant Breeding 25:29-37.

3 MATERIAL VEGETAL Y MEJORA GENÉTICA

**María L. Badenes¹, María del Mar Naval¹, José Martínez-Calvo¹
y Edgardo Giordani²**

¹ Centro de Citricultura y Producción Vegetal

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

² Dipartimento delle Produzioni Agro-Alimentari e dell'Ambiente

Università di Firenze - Italia

MATERIAL VEGETAL Y MEJORA GENÉTICA

3.1. ORIGEN

El caqui (*Diospyros kaki* Thunb.) se originó en el este de Asia, donde existen referencias de su cultivo en China que se remontan a varios siglos a. C. Desde allí se introdujo en Japón en el siglo VII y ya en el siglo XIV se introduce en Corea procedente de Japón. No existen registros de su cultivo en Europa hasta el siglo XVII, cuando se expandió por toda la cuenca del Mediterráneo. Las corrientes migratorias desde los países asiáticos a Norteamérica introdujeron el cultivo del caqui en California (EE.UU.) y Brasil. El género *Diospyros* cuenta con más de 400 especies, aunque la más conocida y mayoritariamente cultivada es *D. kaki*, que cuenta con una amplia diversificación varietal en China, Japón y Corea del Sur donde se han descrito más de 2.000 variedades (Cho y Cho, 1965; Wang y col, 1997; Yamada y col, 2012). La especie *D. virginiana* L. es originaria de América del Norte y fue descrita por primera vez en el estado de Virginia (EE.UU.) de donde toma el nombre (Yonemori y col, 2000). Aunque esta especie produce frutos comestibles, su uso está más extendido como portainjertos.

3.2. VARIEDADES

Las variedades de caqui se clasifican según el tipo de astringencia del fruto en la maduración. La astringencia de los frutos está causada por la presencia de taninos solubles (Capítulo 2). El tratamiento poscosecha con dióxido de

carbono o etanol produce la insolubilización de los taninos y la pérdida de astringencia del fruto. Las variedades de astringencia variable con la fecundación producen semillas que exudan acetaldehído y etanol, insolubilizando los taninos y eliminando la astringencia alrededor de las semillas. En esa zona del fruto la pulpa se oscurece por efecto de los procesos de oxidación. De esta forma, las variedades de caqui pueden ser de varios tipos según su astringencia en la maduración (ver Tabla 2.2). Como se ha descrito en el Capítulo 2, las variedades no astringentes constantes a la polinización (PCNA) tienen frutos firmes y siempre son no astringentes en la maduración. Las variedades tipo PCNA se caracterizan porque dejan de acumular taninos en etapas muy iniciales del desarrollo del fruto, por ello los frutos permanecen firmes y no astringentes. Los frutos de las variedades no astringentes variables a la polinización (PVNA) pierden la astringencia si se polinizan y se forman semillas. La pulpa alrededor de las semillas se oscurece y pierde la astringencia, debido a los exudados de acetaldehído producidos por las semillas que insolubilizan los taninos y desencadenan los procesos de oxidación. Las variedades astringentes, constantes a la polinización (PCA), se caracterizan por tener frutos siempre astringentes en la maduración. Sólo pueden consumirse duros cuando se tratan en poscosecha. Las variedades astringentes variables a la polinización (PVA), se caracterizan por tener frutos que pierden la astringencia en una región alrededor de la semilla formada cuando se polinizan. Las variedades del tipo PVNA, PCA y PVA, acumulan taninos durante todo el proceso de desarrollo y sólo pueden consumirse cuando el fruto está sobremaduro o firme si se le ha eliminado la astringencia por tratamientos poscosecha.

En Japón se han desarrollado mayoritariamente las variedades no astringentes del tipo PCNA y PVNA. En la Tabla 3.1 se muestran las principales variedades cultivadas en Japón y sus características. En Corea del Sur las variedades son principalmente astringentes, aunque recientemente se ha descrito una variedad del tipo PVNA, la variedad 'Johongsi' y unas pocas de tipo PVA (Yamada y col., 2012). Por otra parte en China, a pesar de ser el país originario de la especie, la disponibilidad de variedades no astringentes

gentes es muy limitada. La primera variedad del tipo PCNA descrita fue ‘Luo Tian Tian Shi’ (Wang, 1983; Yamada, 1993). Desde entonces, solo se han descrito cinco variedades más del tipo PCNA de origen chino. Todas ellas fueron localizadas en una única región de China (Wang y col, 2005; Yonemori y col, 2005), lo que indicaría un posible origen común pero distinto al de las variedades japonesas del tipo PCNA.

Tabla 3.1. Principales variedades cultivadas en Japón y sus características

<i>Variedad</i>	<i>Vigor</i>	<i>Flores pistiladas</i>	<i>Flores estaminadas</i>	<i>Caída de fruto</i>	<i>Productividad</i>
Soshu	Medio	Abundante	No	Media	Media
Izu	Vigoroso	Abundante	No	Media	Baja
Nishimurawase	Medio	Media	Media	Poca	Media
Tonewase	Vigoroso	Abundante	No	poca	Alta
Saijo	Muy vigoroso	Media	No	Poca	Media
Maekawa-Jiro	Vigoroso	Media	No	Poca	Alta
Hiratanenashi	Vigoroso	Abundante	No	Poca	Alta
Matsumotowase-Fuyu	Medio	Abundante	No	Poca	Alta
Yoho	Vigoroso	Abundante	No	Poca	Alta
Taigetsu	Vigoroso	Abundante	Pocas	Poca	Muy alta
Taishu	Medio	Media	Media	Poca	Media
Fuyu	Vigoroso	Media	No	Poca	Alta
Jiro	Vigoroso	Medio	No	Poca	Alta
Atago	Vigoroso	Abundante	No	Poca	Muy alta

En la cuenca del Mediterráneo se desarrollaron una serie de variedades autóctonas adaptadas a las distintas zonas de cultivo a partir de las primeras introducciones originarias de Asia, a partir de semillas o mutaciones espontáneas. En Italia la mayoría de las variedades son del tipo PVNA. La variedad más importante es ‘Kaki Tipo’ otras variedades cultivadas son ‘Rispoli’, ‘Mandarino’, ‘Moro’, ‘Vainiglia’, ‘Mercatelli’ y ‘Cioccolato’ (Bellini y Giordani, 1998). En España las variedades locales son principalmente del tipo PVA y PCA. Con diferencia, la variedad más cultivada en la actualidad es ‘Rojo Brillante’ aunque también existen otras variedades de

cultivo local. Muchas de estas variedades toman el nombre del topónimo del lugar donde se cultiva como: ‘Xato de Bonrepós’, ‘Bétera’, ‘Burriana’ o ‘Constantí’.

En Israel se cultiva la variedad ‘Triumph’ que después de eliminarle la as-tringencia por tratamiento poscosecha se comercializa con el nombre de ‘Sharon’. En los principales países productores de la cuenca mediterránea, el cultivo del caqui es prácticamente monovarietal. En Italia se basa en la variedad ‘Kaki Tipo’, en España en la variedad ‘Rojo Brillante’ y en Israel la variedad ‘Triumph’. En otras zonas del Mediterráneo como Grecia, Turquía, Argelia o Marruecos el cultivo es muy minoritario, basado principalmente en variedades locales o japonesas de reciente introducción como ‘Fuyu’. En el anejo I se describen algunas de las principales variedades de caqui cultivadas en el mundo.

3.3. PORTAINJERTOS

Las variedades de caqui se injertan mayoritariamente sobre tres tipos de portainjertos: *D. kaki*, *D. lotus* L., y *D. virginiana*. Se han descrito incompatibilidades entre algunas variedades del tipo PCNA como ‘Fuyu,’ ‘Shogatsu,’ ‘Yokono’ y ‘Takura,’ con portainjertos de la especie *D. lotus* (Tanaka, 1930). En Israel y EE.UU. se han descrito también casos de incompatibilidad de variedades de caqui injertadas sobre portainjertos de la especie *D. virginiana* (Cohen y col, 1991). Estas incompatibilidades con algunas variedades se explican porque los portainjertos utilizados en ambas especies provienen de semillas, que generan genotipos distintos que en algunos casos pueden dar lugar a una alta heterogeneidad. En cambio, los portainjertos de la especie *D. kaki* no muestran incompatibilidad alguna al ser la misma especie que la variedad. Los portainjertos de *D. kaki* requieren de suelos ligeros con buen drenaje, son sensibles a la sequía y al frío, su propagación en vivero es más difícil y no toleran pH del suelo altos. Debido a todos estos problemas, el portainjerto franco de caqui no es recomendable en las zonas de cultivo del área mediterránea donde los suelos son predominantemente calizos y de pH alto.

En todos los casos los patrones utilizados se propagan por semilla, por lo que su heterogeneidad es por lo general alta. La disponibilidad de portainjertos clonales permitiría soslayar este problema y garantizar la homogeneidad del material de plantación. En este sentido, el Instituto Valenciano de investigaciones Agrarias (IVIA) ha desarrollado técnicas de micropropagación in vitro de las especies *D. lotus* y *D. virginiana* y se han obtenido métodos eficientes que permiten la propagación vegetativa de genotipos de estas especies (Giordani y col, 2013).

Diospyros lotus

Es el portainjerto más utilizado en Italia y España. Es resistente al frío y a la sequía. Produce plantas vigorosas, tiene una buena uniformidad de crecimiento y no produce rebrotes. Tiene buena afinidad con las variedades del tipo PVA y PCA. En el cultivar 'Hachiya' se ha observado que este patrón produce un retraso en la entrada en producción y un aumento de la caída del fruto (Bellini, 2002). Cuando se injertan variedades del tipo PCNA se ha observado algunos casos de incompatibilidad total o parcial con la variedad 'Fuyu'. Esta incompatibilidad es traslocada y aparece incluso con madera intermedia de *D. kaki*. Según Bellini (2002), un aspecto negativo de este portainjerto es su alta susceptibilidad a los tumores causados por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*.

Diospyros virginiana

Este portainjerto se está utilizando bastante en las nuevas plantaciones, principalmente por su facilidad de propagación. Confiere un elevado vigor a la variedad y se adapta a suelos pesados. Sin embargo, produce rebrotes y produce plantas más heterogéneas.

Diospyros kaki

Se suelen utilizar semillas de las variedades más típicas de cada zona. El principal problema de esta especie como patrón es que tiene un crecimiento lento y produce un sistema radicular muy fino. Ambas características se tradu-

cen en una propagación en vivero más dificultosa. A pesar de ello es el portainjerto más utilizado en Japón, China, California (EE.UU.) y Nueva Zelanda.

Diospyros rhombifolia

Este portainjerto se utiliza para obtener plantas de bajo tamaño que permitan plantaciones de alta densidad. Presenta problemas de incompatibilidad con algunas variedades del tipo PVA y con todas las del tipo PCNA.

3.4. RECURSOS FITOGENÉTICOS

3.4.1. Recursos fitogenéticos en Japón

El banco de germoplasma de Japón se encuentra situado en el NIFTS, Akitsu, Hiroshima. Cuenta con 600 accesiones de diversa procedencia. De ellas, 188 han sido evaluadas y se dispone de datos sobre las características referentes a fecha de maduración del fruto, peso y contenido en sólidos solubles (SSC) (Yamada y col, 1994). Cuando se compararon variedades de tipo PCNA de origen japonés con variedades astringentes se observó que las variedades no astringentes japonesas son más tardías y producen frutos de una media de peso más alta que las astringentes (Yamada y col, 2012). En la Tabla 3.2 se muestra la comparación de las fechas de maduración, peso del fruto y SSC entre los distintos grupos de frutos según el tipo de astringencia (Yamada y col, 1994).

Tabla 3.2. Comparación de las fechas de maduración, peso y sólidos solubles entre los distintos grupos de frutos de caqui según el tipo de astringencia (adaptado de Yamada y col, 1994).

Astringencia	Nº variedades	Maduración (1-8)		Peso del fruto (g)		Sólidos solubles (%)	
		Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza
PCA	83	5,82 b	2,17	190 b	0.0258	16.8	2.39
PVA	25	4,88 c	1,36	267 a	0.0013	15.6	1.81
PVNA	58	5,09 c	1,87	188 ab	0.0265	17.7	3.23
PCNA	22	6,50 a	1,12	247 a	0.0115	17.2	0.89
Total	188	5,57	2,09	206	0.0265	17.0	2.61

Maduración: 1 = finales de septiembre, 8= principios de diciembre.

Números seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P = 0,05).

3.4.2. Recursos fitogenéticos en China

El germoplasma disponible en China incluye material vegetal importado de Japón y variedades autóctonas (Yang y col, 2005). Se registraron un total de 1058 cultivares de origen chino, de ellos 550 accesiones están conservadas en el Banco Nacional de caqui 'National Persimmon Germplasm Repository' en la provincia de Shaanxi. Una descripción del mismo se encuentra en Wang y col. (1997).

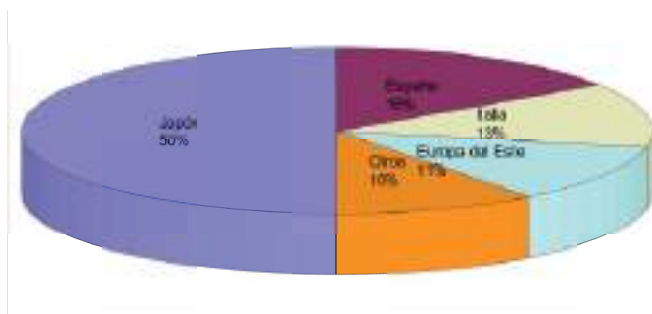
3.4.3. Recursos fitogenéticos en Europa

Germoplasma en España

En la actualidad la colección pública oficial de variedades de caqui se encuentra en el IVIA. El origen de la misma fue un proyecto europeo RESGEN-CT95-029 que se desarrolló entre 1996 y 1999 y que incluía la prospección y conservación de 16 especies de frutales menores, entre ellas el caqui, y el establecimiento de colecciones de germoplasma de las mismas en Italia, Francia, España y Grecia. La colección inicial de caqui derivada de este proyecto se estableció en el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA). Posteriormente, en 2002, después de identificar las sinonimias y homonimias de la misma, la colección se estableció definitivamente en Valencia. El banco de germoplasma de caqui del IVIA se fundó originariamente con un total de 33 variedades. A partir de entonces y con financiación de proyectos de Recursos Fitogenéticos del INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria), la colección se ha ido ampliando mediante la introducción de variedades de distintos orígenes. En la actualidad cuenta con 106 accesiones. En el Anejo 2 se detallan las accesiones que forman parte del banco de germoplasma y en la Fig 3.1 se indica su procedencia.

Actualmente se está realizando la caracterización pomológica de las accesiones del banco de germoplasma de caqui del IVIA, al que se van incorporando progresivamente nuevas variedades. En algunas de ellas, se dispone ya de datos de cinco ciclos de fructificación, lo que ha permitido elaborar

Figura 3.1. Origen de las accesiones



fichas varietales (Martínez-Calvo y col, 2012) a partir de una adaptación de los descriptores de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2004). Se ha realizado también un estudio pomológico de 27 variedades de la colección por medio de 37 variables referentes al árbol, hojas, fruto, fenología y características organolépticas que se han analizado conjuntamente mediante un análisis multivariante. Las variables más relevantes para la clasificación pomológica de la colección de variedades han sido las referentes al fruto, como son el peso, diámetro, firmeza, contenido en sólidos solubles, acidez y el color tanto de la piel como de la pulpa (Martínez-Calvo y col, 2013).

Por otra parte, se han realizado también trabajos de caracterización de la colección inicial mediante marcadores moleculares. Se analizó la diversidad de una parte del banco de germoplasma del IVIA con 19 marcadores SSR (microsatélites) obtenidos a partir de una genoteca la variedad de caqui 'Rojo Brillante' (Soriano y col, 2006). Los resultados obtenidos permitieron identificar todas las accesiones y además se calcularon las distancias genéticas entre las mismas (Naval y col, 2010), parámetro de gran utilidad en los trabajos de mejora genética.

Germoplasma en Italia

En Italia el caqui fue objeto de interés botánico y comercial desde finales de 1800. Desde entonces, varias instituciones públicas y privadas

se ocuparon de coleccionar las variedades que iban llegando a Europa. En los años ochenta del siglo XX estas colecciones llegaron a tener hasta 85 accesiones, que fueron caracterizadas y evaluadas en el marco del proyecto europeo RESGEN-CT95-029 e incluidas posteriormente en el 'European Minor Fruit Tree Species Database' (<http://www.unifi.it/ueresgen29/netdbase/db1.htm>) coordinado por la Universidad de Florencia. En la actualidad, esta colección consta de 35 cultivares y está localizada en el IVALSA-CNR, situado en la localidad de Follonica en La Toscana.

La variabilidad de la colección está representada principalmente por variedades de varias procedencias (Japón, España e Italia). Los árboles presentan flores de las tres tipologías (femeninas, masculinas y hermafroditas), con frutos pertenecientes a los cuatro grupos descritos anteriormente (PVNA, PVA, PCA y PCNA) y con tamaños y formas diferentes. Un estudio realizado con marcadores moleculares sobre ejemplares de 'Kaki Tipo' recolectados en diferentes áreas de Italia ha demostrado cierta variabilidad genética dentro de esta variedad-población (Yonemori y col, 2008). Por otro lado se ha definido un protocolo para la crioconservación de yemas dormidas de kaki (cultivares 'Kaki Tipo', 'Jiro', 'Triumph', 'Hiratanenashi' y 'Rojo Brillante') que permitiría una conservación controlada de los recursos fitogenéticos de caqui (Benelli y col, 2009).

3.5. PROGRAMAS DE MEJORA VARIETAL

Un objetivo común a todos los programas de mejora es la obtención de frutos no astringentes (tipo PCNA) de calidad superior. Es decir, frutos de buen calibre, apariencia externa atractiva, resistencia al rajado, buena conservación poscosecha y elevada calidad organoléptica. Además es importante que la variedad tenga una elevada productividad, sea partenocárpica y tenga resistencia a plagas y enfermedades. En el caso de los países productores mediterráneos, donde el cultivo se basa generalmente en una sola variedad, la diversificación varietal con variedades astringentes también está contemplada.

En Japón la mejora genética se lleva a cabo en el NIFTS y el origen del programa se remonta a los años cincuenta del siglo XX. El principal objetivo del programa es también la obtención de variedades del tipo PCNA, de mayor valor comercial. La primera variedad producida fue 'Suruga' en 1959, procedente de un cruce entre variedades locales (Ikubo y col, 1961). Esta variedad es de tipo PCNA y de maduración tardía. Desde su inicio, este programa ha producido un total de 11 variedades del tipo PCNA y dos del tipo PVA. Las variedades obtenidas en este programa de mejora y sus características se indican en la Tabla 3.1.

En China y Corea del Sur las actividades de mejora genética del caqui son relativamente recientes. Las variedades cultivadas proceden en su mayoría de la selección y caracterización de material autóctono. Sin embargo, debido a la escasez de variedades no astringentes y dado que la obtención de variedades tipo PCNA es un objetivo prioritario, se han iniciado también programas de cruzamiento.

En Brasil, la actividad de mejora se lleva a cabo en el 'Istituto Agronomico di Campinas' en São Paulo. Se han obtenido las variedades de caqui 'Pomelo', 'Rubi' y 'Kauro'. Además se realizan actividades de caracterización de las variedades del banco de germoplasma activo de caqui (Herbert-Lucena y col, 2007).

En Italia la mejora varietal del caqui se lleva a cabo principalmente en la Universidad de Florencia. Sus objetivos son la obtención de variedades del tipo PCNA, precoces, resistentes al frío, productivas y compatibles con el portainjerto *D. lotus*, el más utilizado en Italia. Una obtención de este programa ha sido la selección DOFI-86.II.034, de buen calibre y forma y además de maduración más temprana que los PCNA de origen japonés disponibles en la actualidad (Bellini y Giordani, 2005).

En España, la producción de caqui se basa principalmente en la variedad 'Rojo Brillante'. Con el fin de evitar los riesgos inherentes al cultivo monovarietal (estacionalidad de la producción, susceptibilidad a nuevas enfermedades, etc.), en 2002 el IVIA inició un programa de renovación

varietal que combina la caracterización de variedades existentes en el banco de germoplasma, y la obtención de nuevas variedades mediante cruzamientos y mutantes o variantes somaclonales por cultivo in vitro. El objetivo principal es obtener variedades con las características agronómicas y productivas del ‘Rojo Brillante’, pero que sean no astringentes y/o que amplíen el calendario de recolección (Naval y col, 2012).

ANEJO I

<i>REFERENCIA</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>DONANTE</i>	<i>ORIGEN</i>
DK 001	Hachiya	IRTA- Reus	Japón
DK 002	Amankaki	IRTA- Reus	Japón
DK 003	Aizumishirazu-A	IRTA- Reus	Japón
DK 004	Aizumishirazu-B	IRTA- Reus	Japón
DK 005	Jiro (C24276)	IRTA- Reus	Japón
DK 006	O'Gosho	IRTA- Reus	Japón
DK 007	Cal Fuyu	IRTA- Reus	Japón
DK 008	Hana Fuyu	IRTA- Reus	Japón
DK 009	Anheca	IRTA- Reus	España
DK 010	Constantí	IRTA- Reus	España
DK 011	Kaki Tipo	IRTA- Reus	Italia
DK 012	Tomatero	IRTA- Reus	España
DK 013	Reus-15	IRTA- Reus	España
DK 014	Reus-6	IRTA- Reus	España
DK 015	Bétera-2	IRTA- Reus	España
DK 016	Bétera-3	IRTA- Reus	España
DK 017	Xato de Bonrepós	IRTA- Reus	España
DK 018	Fuji	IRTA- Reus	Japón
DK 019	Tone Wase	IRTA- Reus	Japón
DK 020	Hiratanenashi	IRTA- Reus	Japón
DK 021	Hiratanenashi	Japón	Japón
DK 022	Picudo	IRTA- Reus	España
DK 023	Rojo Brillante	IRTA- Reus	España
DK 024	Ferrán-12	IRTA- Reus	España
DK 025	Garidells	IRTA- Reus	España
DK 026	Cristalino-B	IRTA- Reus	España
DK 027	La Selva-14	IRTA- Reus	España

DK 028	Pakistan Seedless	IRTA- Reus	Japón
DK 029	Maekawa Jiro	Japón	Japón
DK 030	Maekawa Jiro	UFI- Italia	Japón
DK 031	Jiro	Japón	Japón
DK 032	Fuyu	Japón	Japón
DK 033	Amahyakume	Japón	Japón
DK 034	D.lotus	IVIA	España
DK 035	D.virginiana	IVIA	España
DK 036	D.kaki x D. virginiana	España	España
DK 037	Tejin Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 038	Giant Fuyu	UFI- Italia	Japón
DK 039	Isahaya	CANSO (L'Alcudia)	Japón
DK 040	Ichikikei Jiro	UFI- Italia	Japón
DK 041	Takura	UFI- Italia	Japón
DK 042	Ban Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 043	Suruga	UFI- Italia	Japón
DK 044	Mukaku Jiro	UFI- Italia	Japón
DK 045	Fukuro Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 046	Yamato Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 047	Izu	UFI- Italia	Japón
DK 048	Hana Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 049	Tone Hiratanenashi	UFI- Italia	Japón
DK 050	Kawabata	UFI- Italia	Japón
DK 050	Benisakigake	UFI- Italia	Japón
DK 051	Midai	UFI- Italia	Japón
DK 052	Triumph	UFI- Italia	Israel
DK 053	Nikitskaja Bordovaja	Rep. Checa	Rep. Checa
DK 054	Zuezdocka	Rep. Checa	Rep. Checa
DK 055	Emmanuel	Francia	Francia
DK 056	Russian Beauty	Francia	Europa del Este
DK 057	Fan Fan	Francia	Desconocido
DK 058	Tardif des Charentes	Francia	Francia
DK 059	Nikita´s Gift	Francia	Europa del Este
DK 060	Cibaca	Rep. Checa	Rep. Checa
DK 061	Meota	Rep. Checa	Rep. Checa
DK 062	Koda Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 063	Hyakume	UFI- Italia	Japón
DK 064	Akoumankaki	UFI- Italia	Japón
DK 065	Nishijo	UFI- Italia	Japón
DK 066	Kuro Kuma	UFI- Italia	Japón
DK 067	Hiratanekaki	UFI- Italia	Japón
DK 068	Mikatani Goshō	UFI- Italia	Japón

DK 069	Kirakaki	UFI- Italia	Japón
DK 070	Fuji	UFI- Italia	Japón
DK 071	Mizushima Goshō	UFI- Italia	Japón
DK 072	Koshu Hyakume	UFI- Italia	Japón
DK 073	Moro	UFI- Italia	Italia
DK 074	Edoichi	UFI- Italia	Italia
DK 075	Lycopersicon	UFI- Italia	Italia
DK 076	Castellani	UFI- Italia	Italia
DK 077	Costata	UFI- Italia	Italia
DK 078	Mandarino	UFI- Italia	Italia
DK 079	Vaniglia	UFI- Italia	Italia
DK 080	Farmacista Honorati	UFI- Italia	Italia
DK 081	Brazzale	UFI- Italia	Italia
DK 082	Cioccolatino	UFI- Italia	Italia
DK 083	Atago	UFI- Italia	Japón
DK 084	Pumelo	ANECOOP	Brasil
DK 085	Rama Forte	ANECOOP	Brasil
DK 086	Giombo	ANECOOP	Japón
DK 087	Yokono	ANECOOP	Japón
DK 088	Agakaki	ANECOOP	Japón
DK 089	Gibosi	ANECOOP	Japón
DK 090	Albanska	Bulgaria	Albania
DK 091	Rosseyanka	Bulgaria	Europa del Este
DK 092	Mechta	Bulgaria	Europa del Este
DK 093	Orest	Bulgaria	Europa del Este
DK 094	Dunaj	Bulgaria	Europa del Este
DK 095	Lampadina	Bulgaria	Italia
DK 096	Sheng	Bulgaria	Japón
DK 097	Shanxi	Bulgaria	China
DK 098	Gwang Yang	Bulgaria	Korea
DK 099	Sung Hui	Bulgaria	Korea
DK 100	Korea Kaki	Bulgaria	Korea
DK 101	Shogatsu	Bulgaria	Japón
DK 102	Maru	Bulgaria	Japón
DK 103	Okama	Bulgaria	Desconocido
DK 104	Kurogaki	Bulgaria	Japón
DK 105	Nishimura Wase	Bulgaria	Japón
DK 106	Tamopan	Bulgaria	China

ANEJO II

'ROJO BRILLANTE'



Origen: Variedad de origen español, identificada en la comarca Ribera del Xúquer.

Astringencia: Variedad astringente variable a la fecundación, PVA.

Características: Variedad vigorosa de porte semi-erecto, produce solo flores femeninas. La floración media se produce alrededor del 5 de mayo. La brotación se produce alrededor del 22 de marzo en la Comunitat Valenciana. Árbol muy productivo.

Frutos: Fruto elíptico ancho de sección transversal circular. En su sección longitudinal el ápice es obtuso, con una moderada acanaladura del mismo. La fecha media de madurez comercial es la última semana de octubre. El peso medio es de 300 g y el calibre de 85 mm.

El tratamiento poscosecha para la eliminación de la astringencia se ha optimizado y actualmente permite una buena comercialización de los frutos duros. En madurez comercial adquiere un tono naranja intenso y color de la pulpa amarillo. La acidez se sitúa en torno a los 2 g/L de ácido málico y los grados Brix medios alrededor de 17-18, con una firmeza de 4-5 Kg/cm².

'KAKI TIPO'



Origen: Variedad de origen italiano.

Astringencia: Variedad no astringente cuando se fecunda y produce semillas, tipo PVNA.

Características: Árbol vigoroso de porte erecto, produce flores solo femeninas. La plena floración se produce la primera semana de mayo, unos días antes que la variedad 'Rojo Brillante'. La brotación media se produce alrededor del 24 de marzo unos días después que en 'Rojo Brillante'.

Frutos: Fruto redondeado, de sección transversal redondeada irregular. En su sección longitudinal el ápice es redondeado, con una débil e incluso ausente acanaladura del mismo, y moderado agrietamiento concéntrico alrededor del ápice. Fecha media de madurez comercial es la primera semana de noviembre unos siete días después de 'Rojo Brillante', la fecha media de madurez fisiológica es el 8 de enero, unos cuatro días después de 'Rojo Brillante'. El peso medio del fruto es de 310 g, el calibre medio de 88 mm.

No muestra agrietamiento de la zona del ápice. Acanalado longitudinal ausente o muy superficial. En madurez comercial el color de la piel es naranja y la pulpa es naranja amarillenta. La acidez se sitúa en torno a 1,8 g/L de ácido málico y los grados brix alrededor de 20, con una firmeza de 3,5 Kg/cm².

'HIRATANENASHI'



Origen: Variedad de origen japonés.

Astringencia: Variedad astringente, variable a la fecundación. Si se poliniza y se forman semillas alrededor de las mismas la pulpa se oscurece y pierde la astringencia (tipo PVA).

Características: Variedad vigorosa de porte semi-erecto, produce solo flores femeninas. La fecha media de floración se produce a finales de abril, cinco días antes que en 'Rojo Brillante'. La fecha media de inicio de la brotación se da a mediados de marzo, una semana antes que en la variedad 'Rojo Brillante'.

Frutos: Fruto achatado, de sección transversal cuadrada. En su sección longitudinal el ápice es truncado, con una débil e incluso ausente acanaladura del mismo, sin agrietamiento concéntrico alrededor del ápice. No muestra agrietamiento de la zona del ápice. La fecha media de madurez comercial se da alrededor del 22 de octubre una semana antes que en la variedad 'Rojo Brillante'. La fecha de madurez fisiológica se da alrededor del 10 de diciembre unos 25 días antes que en 'Rojo Brillante'. El peso medio del fruto es de 160 g. Y el calibre medio de 70 mm. En madurez comercial el color de la piel es naranja y la pulpa es naranja amarillenta. El contenido de acidez es de 1,85 g/L de ácido málico, el contenido en sólidos solubles en grados Brix es de 20 y la firmeza media es de 3 Kg/cm².

'JIRO (C-24276)'



Origen: Variedad de origen japonés.

Astringencia: Variedad no astringente, constante a la polinización (tipo PCNA). Los frutos se pueden consumir en madurez comercial sin tener que eliminar la astringencia.

Características: Variedad vigorosa de porte semi-erecto, produce sólo flores femeninas. La floración media se produce en la primera semana de mayo unos días antes que en 'Rojo Brillante'.

Frutos: Fruto achatado, de sección transversal cuadrada. En su sección longitudinal el ápice es truncado, con una moderada acanaladura del mismo, sin agrietamiento concéntrico alrededor del ápice ni agrietamiento de la zona del mismo ápice. Acanalado longitudinal medio. La fecha media de madurez comercial es alrededor del 23 de octubre una semana antes que en 'Rojo Brillante', y la fecha media de madurez fisiológica la primera semana de enero. El peso medio del fruto es de 186 g, el calibre medio es de 76 mm. En madurez comercial el color de la piel es naranja y la pulpa es naranja amarillenta. La acidez media es de 1 g/L de ácido málico, el contenido en grados Brix es de 15,5 y la firmeza del fruto es de 6 Kg/cm².

'HANA FUYU'



Origen: Variedad de origen japonés.

Astringencia: Variedad no astringente en el momento de la madurez comercial (tipo PCNA).

Características: Variedad vigorosa de porte semi-erecto, produce sólo flores femeninas. La fecha media de plena floración es el 9 de mayo, cuatro días después aproximadamente que la variedad 'Rojo Brillante'. La fecha media de brotación se da la primera semana de abril, unos doce días después que 'Rojo Brillante'.

Frutos: Fruto oval muy ancho, de sección transversal redondeado irregular. En su sección longitudinal el ápice es obtuso, con una moderada acanaladura del mismo, sin agrietamiento concéntrico alrededor del ápice ni agrietamiento de la zona del mismo ápice. Acanalado longitudinal profundo. La fecha media de madurez comercial es finales de octubre, dos días antes que 'Rojo Brillante'. La fecha media de madurez fisiológica se da a finales de noviembre, un mes antes que 'Rojo Brillante'. El peso medio del fruto es de 410 g y el calibre medio de 98 mm. En madurez comercial tanto el color de la piel como el de la pulpa es naranja amarillento. La acidez se sitúa en torno a 1 g/L ácido málico, el contenido en grados Brix en torno a 14,5 y la firmeza media es de 5 Kg/cm².

'O'GOSHO'



Origen: Variedad de origen japonés.

Astringencia: Variedad no astringente en el momento de la maduración comercial. Se puede consumir firme sin tratamiento poscosecha (tipo PCNA).

Características: Variedad vigorosa de porte semi-erecto, produce sólo flores femeninas. La fecha media de plena floración se da alrededor del 7 de mayo, dos días después de 'Rojo Brillante'. La brotación media se da alrededor del 5 de abril, dos semanas después de 'Rojo Brillante'.

Frutos: Fruto achatado, de sección transversal cuadrada. En su sección longitudinal el ápice es obtuso, con una débil e incluso ausente acanaladura del mismo, sin agrietamiento concéntrico alrededor del ápice ni agrietamiento de la zona del mismo ápice. La fecha media de madurez comercial es alrededor del 5 de noviembre, una semana después de 'Rojo Brillante', la fecha media de madurez fisiológica se da a finales de diciembre unos cinco días antes que 'Rojo Brillante'. El peso medio del fruto es de 245 g, el calibre medio es de 88 mm. En madurez comercial el color de la piel es naranja y la pulpa es naranja pardo. El contenido en acidez es de 1,15 g/L de ácido málico, el contenido en grados Brix es de 15,6 y la firmeza del fruto de 6,6 Kg/cm².

'TRIUMPH' (SHARON)



Origen: Variedad de origen desconocido, posible introducción en EE.UU. desde Japón.

Astringencia: Variedad astringente variable a la fecundación (tipo PVA). Si se poliniza la pulpa se oscurece alrededor de las semillas y pierde la astringencia.

Características: Árbol vigoroso que produce sólo flores femeninas, de floración media, regular caída de frutos y productividad media.

Frutos: Son de tamaño medio (150-220 g) tienen forma aplanada, cuadrada en sección longitudinal y redonda en sección transversal. El color de la piel es naranja intenso en maduración y el de la carne amarillo. Esta variedad es tardía, astringente en la maduración pero con un buen comportamiento poscosecha tanto en la eliminación de la astringencia como en la conservación posterior. Se cultiva principalmente en Israel y en España en Andalucía. En Nueva Zelanda presenta una alta susceptibilidad al rajado del fruto y menor calidad organoléptica.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Bellini, E. 2002. Cultural practices for persimmon production. First Mediterranean Symposium on persimmon. *Options Méditerranéennes* 51:39-51.
- Bellini E., Giordani E. 1998. Persimmon. p. 675-684. In: G.T Mugnozza., M.A. Pagnotta (eds.), *Italian contribution to plant genetics and breeding*. Ed. Scarascia, Viterbo, Italy.
- Bellini E., Giordani E. 2005. Germplasm and breeding of persimmon in Europe. *Acta Hort.* 685:65-75.
- Benelli C., De Carlo A., Giordani E., Pecchioli S., Bellini E., Kochanova Z. 2009. Vitrification/one-step freezing procedure for cryopreservation of persimmon dormant bud. *Acta Hort.* 833:163-170.
- Cho, S.K., Cho, T.H. 1965. Studies on the local varieties of persimmon in Korea. *Res. Rep. RDA* 8:147-190.
- Cohen, Y., Gur, A., Barkai, Z., Blumenfeld, A. 1991. Decline of persimmon (*Diospyros kaki* L.) trees on *Diospyros virginiana* rootstocks. *Scientia Hort.* 48:61-70.
- Giordani, E., Badenes, M.L., Naval, M.M., Benelli, C. 2013. In vitro propagation of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). p. 89- 98. In: M. Lambardi, E.A. Ozudogru, S.M. Jain (eds.), *Protocols for micropropagation of selected economically important horticultural plants. Part I. Protocols for micropropagation of fruit and nut species*, Vol 994. Springer-Verlag, Berlin.
- Herbert-Lucena, I., Martins, A.B., Vilar de Morais Oliveira, I., Zunete, M. 2007. Características de frutos de cinco variedades de caqui maduras en la planta o en post cosecha. *Revista de Biología e Ciências da Terra* 7:201-209.
- Ikubo, S., Sato, T., Nishida, T. 1961. New Japanese persimmon variety 'Suruga'. *Bull. Hort. Sta. Natl. Tokai-kinki Agr. Exp. Sta.* 6:33-37.

- Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L., Llácer, G. 2012. Descripción de variedades de caqui (*Diospyros kaki* Thunb.) del banco de germoplasma del IVIA. Monografías INIA. Serie Agrícola. 70 pp.
- Martinez-Calvo, J., Naval, M., Zuriaga, E., Llácer, G., Badenes, M.L. 2013. Genetic characterization of the IVIA persimmon collection by multivariate analysis. Genet. Resour. Crop Ev. 60:233-241.
- Naval, M., Martínez-Calvo, J., Zuriaga, E., Gonzalez, M., Badenes, M.L., Llácer, G. 2012. Los programas de mejora genética de frutales en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). IV. Caqui. Revista de Fruticultura 20:4-13.
- Naval, M., Zuriaga, E., Pecchioli, S., Llácer, G., Giordani, E., Badenes, M.L. 2010 Analysis of genetic diversity among persimmon cultivars using microsatellite markers. Tree Genet. Genomes 6:677-687.
- Soriano, J.M., Pecchioli, S., Romero, C., Vilanova, S., Llácer, G., Giordani, E., Badenes, M.L. 2006. Development of microsatellite markers in polyploidy persimmon (*Diospyros kaki*) from an enriched genomic library. Mol. Ecol. Notes 6:368-370.
- Tanaka, C. 1930. Experiments on the rootstocks for the kaki or Japanese persimmon (*Diospyros kaki*). J. Okitsu Hort. Soc. 25:1-30.
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de la Obtenciones Vegetales) 2004. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad para *Diospyros kaki* Thunb. TG/92/4. 31/03/2004. Ginebra.
- Wang, R., 1983. The origin of 'Luo Tian Tian Shi'. Chinese Fruit Tree 2:16-19.
- Wang, R., Yang, Y., Li, G. 1997. Chinese persimmon germplasm resources. Acta Hort. 436:43-50.
- Wang, R., Yang, Y., Ruan, X., Li, G. 2005. Native non-astringent persimmons in China. Acta Hort. 685:99-102.

- Yamada, M. 1993. Persimmon breeding in Japan. *Japan. Agr. Res. Quart.* 27:33–37.
- Yamada, M., Giordani, E., Yonemori, K. 2012. Persimmon. p. 663-693 In: M.L. Badenes, D. Byrne (eds.), *Fruit breeding. Handbook of plant breeding*. Springer, New York.
- Yamada, M., Yamane, H., Sato, A., Hirakawa, N., Wang, R. 1994. Variations in fruit ripening time, fruit weight and soluble solids content of oriental persimmon cultivars native to Japan. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 63:485-492.
- Yang, Y., Ruan, X., Wang, R., Li, G. 2005. Advances in research of germplasm resources and breeding of *Diospyros kaki*. *Northwest Forestry Univ.* 20:133-137.
- Yonemori, K., Honsho, C., Kitajima, A., Aradhya, M., Giordani, E., Bellini, E., Parfitt, D.E. 2008. Relationship of European persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) cultivars to Asian cultivars, characterized using AFLPs. *Gen. Res. Crop Evol.* 55:81-89.
- Yonemori, K., Ikegami, A., Kitajima, A., Luo, Z., Kanzaki, S., Sato, A., Yamada, M., Yang, Y., Wang, R. 2005. Existence of several pollination constant non-astringent type persimmons in China. *Acta Hort.* 685:77–83.
- Yonemori, K., Sugiera, A., Yamada, M. 2000. Persimmon genetics and breeding. *Plant Breed. Rev.* 19:191-225.

4 DISEÑO Y MANEJO DE LA PLANTACIÓN DEL CAQUI

José Malagón

Servicio de Desarrollo Tecnológico

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

DISEÑO Y MANEJO DE LA PLANTACIÓN DEL CAQUI

4.1. EXIGENCIAS AGROCLIMÁTICAS

4.1.1. Clima

El caqui es un frutal caducifolio con un área de cultivo muy extensa, a pesar de estar considerado como un frutal subtropical. Su adaptación a diferentes tipos de climas es mayor que la de los cítricos, llegando a producir bien en las zonas templadas de clima mediterráneo, en toda el área de cultivo del melocotonero, hasta una latitud de unos 40º (Agustí, 2004).

Al ser un frutal de hoja caduca necesita reposo invernal y tiene unas necesidades mínimas de horas frío (HF); así denominadas porque la temperatura es igual o inferior a 7,2º C. Las necesidades de horas frío de los cultivares o variedades no-astringentes es menor que las de los astringentes. La gama completa es de unas 200-400 HF. Sin embargo, las variedades cultivadas en las comarcas de la ribera del Júcar (Valencia) se están mostrando poco exigentes, incluso por debajo de 200 HF no muestran ningún desarreglo fenológico. Un frío invernal insuficiente puede provocar el retraso en la caída de las hojas y una falta de uniformidad en la brotación en la primavera siguiente, que repercutirá en un deficiente cuajado de los frutos y una disminución de la cosecha.

Los caquis brotan y florecen mucho más tarde que la mayoría de los frutales de hoja caduca y por lo tanto son menos propensos a los daños por heladas

tardías de primavera. Por otra parte, las heladas tempranas otoñales pueden provocar daños por congelación en la pulpa del fruto (Fig. 4.1) y defoliación temprana (Capítulo 11). Así, las temperaturas ligeramente inferiores a 0°C durante cortos períodos de tiempo provocan daños considerables, siendo más intensos si el árbol se encuentra ya defoliado a finales de otoño.

Durante la fase de reposo invernal es tolerante a las heladas, pudiendo soportar temperaturas de algunos grados bajo cero, usuales en las zonas templadas. Los plántones son más sensibles a las bajas temperaturas, por lo que en las zonas con inviernos fríos y prolongados no debe realizarse la plantación en otoño, es preferible plantar a la salida del invierno. El patrón *Diospyros lotus* L. es más sensible al frío que el *D. virginiana* L.

En los estados fenológicos posteriores al reposo invernal (hinchamiento de yemas, brotación, etc.) su tolerancia a las temperaturas negativas es prácticamente nula. En estas fases iniciales pueden considerarse dos situaciones:

Figura 4.1. Daños por frío en la zona superior de la pulpa del fruto de caqui (zona circular más oscura) causados por una helada a finales de otoño con el árbol ya defoliado.



Figura 4.2. Inicio de la floración del caqui. Período crítico por los daños que ocasionaría en la futura cosecha la ocurrencia de una helada.



a) Que las heladas se produzcan en el desborre de las yemas (estado fenológico B-C). Si éstas sólo afectan a las yemas hinchadas se podrán desarrollar posteriormente nuevos brotes de las yemas latentes y la productividad no se verá sensiblemente mermada.

b) Que las heladas ocurran con posterioridad a la formación de las flores (Fig. 4.2). En este caso los daños serán muy cuantiosos por pérdida de la futura cosecha.

Las tormentas de granizo después del cuajado del fruto y hasta la recolección, aunque sean muy ligeras, marcan y dañan el fruto, depreciándolo comercialmente (Capítulo 11). Al tener una epidermis muy fina cualquier alteración es muy visible. El caqui es muy sensible al viento durante el período vegetativo. Los frutos son propensos a las rozaduras de las hojas y de las ramas, siendo éste la causa principal de las manchas en la piel de la fruta (Fig. 4.3). También la madera del árbol es muy frágil, cualquiera

Figura 4.3. Manchas en la epidermis de los frutos de caqui causadas por granizo (manchas oscuras redondeadas) y por viento (rozaduras de forma alargada).



que sea su edad, especialmente en los puntos de inserción de las ramas. En zonas de cultivo ventosas es necesario poner cortavientos para evitar las manchas en los frutos por rozaduras e incluso la rotura de ramas. Estos frutos tienen una fuerte depreciación comercial.

4.1.2. Suelo

El caqui puede cultivarse en una amplia gama de terrenos pero prefiere los suelos francos o franco-arcillosos, profundos, bien drenados y los que tienen buen nivel de materia orgánica. El pH del suelo óptimo es de 6.5-7. En los suelos de aluvión habituales en las zonas de ribera, los árboles alcanzan su desarrollo más vigoroso.

La elevada concentración de cloruros en el suelo o en el agua de riego puede ocasionar toxicidad en las hojas que se manifiesta por bordes ne-

cróticos de color chocolate (Capítulo 7), conocida coloquialmente entre los agricultores como “mancha foliar chocolate”. En los casos más graves puede producirse una reducción del calibre del fruto, una maduración anticipada y hasta una caída de los frutos antes de la recolección, especialmente en plantas de la variedad ‘Rojo Brillante’ injertadas sobre el patrón *D. lotus* (Fig. 4.4).

En los suelos problemáticos para el cultivo del caqui, como son los muy pesados, compactados, con poco fondo, muy calizos, etc., la elección del patrón es fundamental (Ragazzini, 1985). El *D. virginiana* se adapta mejor a los suelos ácidos y propensos al encharcamiento. Tolera mejor el agua de riego de mala calidad, con elevada concentración de cloruros, por lo que en zonas con problemas de salinidad es más aconsejable injertar

Figura 4.4. Daños en caqui por toxicidad por exceso de cloruros: hojas con bordes necrosados, maduración anticipada y caída de la fruta (‘Rojo Brillante’ sobre *Diospyros lotus*).



Figura 4.5. Plantón de caqui de 'Rojo Brillante' injertado sobre *Diospyros lotus* mostrando hojas cloróticas (izquierda) comparado con otro injertado sobre *Diospyros virginiana* sin síntomas (derecha).



sobre este patrón (Pomares y col., 2014). También es más tolerante a la caliza del suelo (Fig. 4.5) y al déficit hídrico puntual en verano.

4.2. LABORES PREPARATORIAS DE LA PLANTACIÓN

La preparación del terreno con suficiente antelación es fundamental para un buen establecimiento del cultivo. Las labores preparatorias consistirán básicamente en limpiar y nivelar el terreno (si fuese necesario), realizar una labor de desfonde, aportar la materia orgánica y el abonado de fondo y finalmente dar un pase de grada o de fresadora para enterrarlo. De forma más detallada, la descripción de estas labores es la siguiente:

Limpieza del terreno y despedregado. Consiste en retirar los restos de cultivos anteriores y las piedras superficiales de grueso calibre que pudieran ser un obstáculo para realizar el resto de labores en la plantación. Es muy

importante que en caso de acumulación de agua ésta tenga una vía rápida de evacuación.

Nivelación del terreno. Es imprescindible si el sistema de riego es a manta. En este caso, la pendiente será del 0,1%. También es necesario nivelar el terreno en parcelas con zonas en las que se embalsa el agua de lluvia para facilitar la evacuación de la misma.

Desfonde. Tiene por objeto romper cualquier capa dura (como la suela de labor) y facilitar el drenaje y la aireación del terreno al evitar la compactación del suelo. Debe realizarse en el verano anterior a la plantación. Así, se facilitará el posterior desarrollo de las raíces y la implantación del cultivo. Se dará una labor cruzada con subsolador a una profundidad de 60-80 cm. Además, se extraerán, en su caso, las viejas raíces de la plantación anterior y las piedras más gruesas que afloren a la superficie del terreno.

Aplicación del abonado de fondo. Los suelos mediterráneos son deficitarios en materia orgánica y el cultivo del caqui requiere suelos fértiles para su mejor desarrollo, por lo que es conveniente aplicar una suficiente cantidad de estiércol bien hecho en toda la superficie del terreno. Antes de realizar el abonado con fósforo y potasio es recomendable realizar un análisis del suelo, varios meses antes de la plantación, para identificar y corregir cualquier problema nutricional del suelo. Según Pomares (2014), se aplicarán: 30-40 t/ha de estiércol, 100-200 kg/ha de fósforo (P_2O_5) y 200-400 kg/ha de potasio (K_2O).

Pase de grada o fresadora. Tiene por objeto enterrar el abonado de fondo y desmenuzar los terrones.

4.3. ELECCIÓN DEL MARCO DE PLANTACIÓN

El caqui es exigente en luminosidad y aireación por lo que el marco de plantación elegido debe evitar que se produzca el sombreado entre los árboles. Esto tiene una doble repercusión positiva; por una parte, se incrementarán las futuras cosechas al incrementarse el número de yemas de

flor en las zonas soleadas del árbol y, por la otra, se disminuirá el riesgo de la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo.

La orientación más conveniente de las filas es la Norte-Sur porque es en la que los árboles quedan mejor iluminados durante todo el día por la trayectoria solar. Además, el marco de plantación elegido debe tener la suficiente amplitud para facilitar el paso de la maquinaria de tratamientos y recolección. Las distancias pueden variar en función de la variedad, del patrón, del tipo de suelo y del sistema de formación de los árboles. Actualmente los marcos de plantación tienden a reducirse para intensificar el cultivo.

La formación del árbol en vaso es la más habitual. El marco de plantación más usual es de 5 x 3 m (5 m entre filas y 3 m entre árboles), unos 660 árboles/ha. En algunas parcelas, estas distancias se reducen en unos 0.5 m para intensificar la plantación. En cualquier caso, en el contorno de la parcela es conveniente dejar libre una distancia de unos 3-3.5 m en ambos laterales y de 4.5-5 m al inicio y al final de las filas exteriores de la parcela para facilitar el paso de la maquinaria, teniendo en cuenta su radio de giro.

En algunos casos, cuando se quiere intensificar aún más la plantación para incrementar la producción en los primeros años, se realiza un diseño en doble cordón. Se plantan dos filas de árboles pareadas con una separación de 1.5 m entre ellas, dejando una calle de unos 4.5 m hasta las siguientes filas dobles. Los árboles se plantan a unos 3.5-4 m dentro de su fila, pero al tresbolillo respecto al de la fila pareada, para que los árboles no queden enfrentados entre si y de esta forma ganar un poco más de distancia. Este diseño de la plantación tan intensivo puede ser adecuado en los primeros años de cultivo pero posteriormente no es aconsejable porque puede conllevar un incremento en la incidencia de las plagas y enfermedades en el cultivo, al reducir la necesaria aireación e insolación del arbolado y la eficacia de los tratamientos fitosanitarios, por la dificultad de mojar bien toda la copa del árbol. Además, provoca zonas improductivas en el interior de los árboles por falta de luminosidad.

4.4. PLANTACIÓN

La plantación con plantones a raíz desnuda se realizará en la época de reposo invernal, cuando están totalmente inactivos. Si se plantasen después de brotados se les puede provocar un estrés hídrico con el resultado de un establecimiento deficiente. Se evitará que las raíces de los plantones se sequen una vez arrancados, durante el trayecto del vivero a la plantación o por demorarse la misma. Si por cualquier circunstancia (ocurrencia de lluvias, etc.) la plantación no pudiera efectuarse en el día previsto, los plantones deben colocarse con las raíces recubiertas de arena húmeda o guardarse en cámaras o en locales muy frescos. Los plantones con cepellón, en maceta, teóricamente pueden plantarse en cualquier época del año, aunque conviene evitar los días más calurosos de verano por el fuerte estrés que pueden sufrir por la diferencia entre las condiciones ambientales del vivero y las de la plantación, aún regando inmediatamente después.

En suelos poco profundos, de menos de 1 m, o mal drenados, la plantación debe hacerse en mesetas (zonas elevadas) para evitar el exceso de humedad que pudiera originar el ataque posterior de hongos del suelo o de las raíces y cuello del árbol. Se abrirá un hoyo en el que se introducirá el plantón, al que previamente se le cortarán las raíces que estén dañadas, las defectuosas y las demasiado largas. Las plantas deben enterrarse dejando que el injerto sobresalga 10-15 cm sobre el nivel del suelo, apretando suavemente la tierra a su alrededor. Posteriormente se cortará a una altura de unos 40 cm del suelo (aproximadamente por debajo de la rodilla) para equilibrar el sistema radicular con la parte aérea de la planta y, además, iniciar la formación de la estructura del árbol en un porte bajo. Esto facilitará las labores posteriores de poda y recolección. El primer riego se aplicará inmediatamente después de la plantación para que los plantones sufran el menor impacto posible en el trasplante.

El plantón debe protegerse hasta una altura de al menos 30 cm con un material plástico para evitar que pudiera mojarse en la aplicación de los

tratamientos herbicidas y causarle problemas de fitotoxicidad (Fig. 4.6). Esta protección también podrá ser útil para evitar daños por las mordeduras de conejos y liebres.

4.5. LABORES CULTURALES EN LOS PRIMEROS AÑOS DE CULTIVO

Se tendrá cuidado en la realización correcta de las técnicas culturales, especialmente en el suministro periódico del agua de riego, la fertilización, el control de plagas y enfermedades, y el manejo de la vegetación adventicia.

La poda de formación. Consiste en formar la estructura para conseguir un árbol adulto bien desarrollado, capaz de producir 90-120 kg de fruta. Tradicionalmente se ha realizado la poda en vaso de 3-4 brazos; actualmente se trata de formar volúmenes productivos correspondientes a las zonas baja,

Figura 4.6. Protección de la base del tronco con material plástico para evitar daños por fitotoxicidad por la aplicación de herbicidas y las mordeduras de liebres y conejos.



media y alta del árbol realizando “podas en verde” (Capítulo 5). Así, en el período de formación se efectuarán dos o tres podas. A tal fin, en el primer año se despunta el plantón a una altura de 40 cm y se deja sin podar durante todo el período vegetativo. En el segundo año se eligen 3-5 guías o ramos principales exteriores y otros tantos ramos mixtos para formar la zona baja del árbol; tanto unos como otros deberán estar equidistantes. En el tercer año se mantendrá la zona baja de producción y de cada una de las guías podadas en invierno se formarán 3-4 brotes, dejando uno de prolongación de guía y los otros formarán la zona media de producción, actuando en invierno de la misma forma que el año anterior. En el cuarto y el quinto año se alcanzará la altura definitiva del árbol (2-2.5 m).

Riego. El cultivo del caqui se ha regado tradicionalmente de forma similar a los cítricos, pero al ser un cultivo subtropical de hoja caduca sus necesidades son diferentes, especialmente en cuanto al reparto mensual del agua. Dependiendo de la zona de cultivo, de la edad del arbolado, el marco de plantación, el sistema de riego, etc., las necesidades de agua son diferentes. Durante la primavera son menores que las de los cítricos pero durante el verano son notablemente superiores. Durante el período de la caída natural de frutos se evitarán los riegos con grandes cantidades de agua y una vez finalizado éste las dotaciones de riego serán más abundantes, admitiendo en riego localizado y durante todo el verano 3-4 horas diarias fraccionadas en dos o más turnos de riego (Capítulo 6).

Abonado. Durante el período de formación del arbolado, las dosis de fertilizantes están condicionadas por lo que se haya aportado antes de la plantación. Dependiendo del tipo de riego y la edad de la plantación se aplicarán las siguientes dosis (Pomares, 2014), expresadas en gr/árbol multiplicando por el número de años de la plantación (Capítulo 7):

En riego por goteo: 30-40g N, 15-20g P₂O₅ y 25-30g K₂O

En riego por inundación: 40-50g N, 20-25g P₂O₅ y 30-35g K₂O

Tratamientos fitosanitarios. Hasta hace pocos años el cultivo del caqui presentaba pocos problemas fitosanitarios, pero con la generalización del

cultivo y la ocupación de nuevas zonas productoras, la aparición de nuevos problemas es muy patente. Los principales tratamientos deben estar dirigidos al control de la mancha foliar del caqui (*Mycosphaerella nawae* Hiura & Ikata) pues aunque la presión del inóculo de esta enfermedad ha disminuido durante los últimos años (2010-2014) los tratamientos preventivos deben de seguir aplicándose de manera general (Capítulo 10). Hay que tener en cuenta que actualmente no existen materias activas autorizadas de manera definitiva para el control de esta enfermedad (Liñan, 2015; MAGRAMA, 2015), por lo que se aplicarán únicamente los productos autorizados de forma excepcional cumpliéndose estrictamente el periodo de utilización, las dosis y los plazos de seguridad. Además, desde los primeros años de cosecha árbol la plaga mas importante que tiene este cultivo es la mosca de la fruta [*Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)]; su control se efectuará combinando varios métodos, principalmente las trampas de captura masiva y la realización de tratamientos químicos con las materias activas autorizadas en cada período de tiempo. En los últimos años se han extendido los daños causados por otras plagas (Capítulo 9), consideradas hasta ahora como secundarias, siendo necesario realizar tratamientos contra algunas de ellas, como trips, cochinillas algodonosas y algunos lepidópteros como *Cryptoblabes gnidiella* Mill. (Lepidoptera: Pyralidae) que atacan a los frutos (Malagón y Monzó, 2014).

4.6. MANTENIMIENTO DEL SUELO. APLICACIÓN DE HERBICIDAS

El manejo de la cubierta vegetal del suelo en el cultivo convencional se realiza aplicando herbicidas en las filas de árboles y la siega mecánica en las calles, desde finales de abril hasta la recolección. Durante el final del otoño y el invierno se debe mantener la cubierta vegetal porque en esa época su presencia no afecta a las necesidades hídricas del cultivo (George y col. 2005). En las plantaciones de cultivo ecológico se coloca en la fila de árboles una malla de tela tupida de color negro, de unos 2 m de anchura, que impide el desarrollo de las hierbas (Fig. 4.7). Cuando se aplican herbicidas para el control de la flora arvense, hay que tener en cuenta que los planto-

nes de caqui son muy sensibles a cualquier herbicida, mucho más que otros cultivos como los cítricos; por lo que deben extremarse las precauciones para no producir una fitotoxicidad por el uso indebido de los mismos.

La gama de herbicidas autorizados que pueden aplicarse en el cultivo del caqui es más amplia que en el resto de fitosanitarios (insecticidas, fungicidas, etc.). Los herbicidas que teóricamente podrían aplicarse en este cultivo son los autorizados específicamente para el caqui y los autorizados en algún grupo de cultivos que lo incluyen, como son los autorizados para todas las especies vegetales, los cultivos leñosos, los frutales de hoja ca-duca y los frutales subtropicales (Liñán, 2015). Ahora bien, en estos casos deben cumplirse determinadas condiciones como consultar previamente al servicio técnico de la empresa comercializadora y los servicios oficiales competentes para que den el visto bueno a la utilización del herbicida, tras haber constado su nula toxicidad en el cultivo y la ausencia de residuos. Con todas estas consideraciones, los herbicidas que teóricamente podrían usarse son las formulaciones autorizadas de las siguientes materias activas o sus mezclas: diquat, fluazifop-p-butyl, glifosato, glufosinato amónico, napropamida, oxifluorfen, pendimetalina, piraflufen etil y quizalop-p-etil. Algunas características de estos herbicidas son las siguientes:

– Diquat: herbicida de posemergencia, no selectivo, con actividad por contacto. Controla dicotiledóneas, al ser absorbido por las partes verdes del vegetal, actuando como desecante. La pulverización no puede mojar las hojas ni la madera joven del cultivo, por lo que debe aplicarse con pantalla protectora. Está clasificado como muy tóxico (T+).

– Fluazifop-p-butyl: herbicida sistémico de posemergencia, se transloca por el xilema y el floema y se acumula en los tejidos meristemáticos (en crecimiento) de las hierbas. No deben mojarse las partes verdes del cultivo. Ejerce un buen control sobre las gramíneas vivaces y anuales, excepto las del género *Poa*. La adición de un mojante al caldo mejora notablemente su eficacia.

– Glifosato: herbicida sistémico de posemergencia, del grupo de las gli-cinas. Es absorbido por vía foliar y no es selectivo. Se caracteriza por su

Figura 4.7. Plantación de caqui en cultivo ecológico con una malla de tela en las filas de los árboles para impedir el desarrollo de malas hierbas.



amplio campo de acción (controla numerosas especies de malas hierbas anuales y vivaces) y su alta capacidad de translocación. Llega hasta los órganos de reproducción subterráneos, secando las hierbas desde la raíz y evitando sus rebrotes. No deben tratarse las plantaciones menores de cuatro años. Hay que aplicarlo de forma dirigida (con campana) para no mojar las partes verdes del árbol y en ausencia de viento para evitar daños por deriva. Conviene proteger el tronco de los árboles jóvenes con una capa de material plástico de 30 cm desde el cuello del árbol. Las dicotiledóneas perennes son más sensibles en floración. Los tratamientos son más eficaces pocos días después de una lluvia o un riego.

– Glufosinato amónico: herbicida que actúa principalmente por contacto, aunque también es parcialmente sistémico. No es selectivo. Es absorbido principalmente por vía foliar y en menor cantidad por las partes verdes

de los tallos. Su capacidad de traslocación es variable, según la especie vegetal tratada. Debe aplicarse en árboles de más de tres años de forma dirigida para no mojar las partes verdes, aunque esta restricción puede salvarse si los troncos están protegidos hasta una altura de 30 cm.

– Napropamida: herbicida residual y sistémico, de absorción radicular y de traslocación acrópeta. Es absorbida por la radícula de las plántulas pero no por vía foliar. Los árboles deben estar implantados 10 meses antes del tratamiento. Dentro de las 48 h siguientes a su aplicación debe incorporarse al terreno mediante una ligera labor o riego. Controla diversas especies de gramíneas y dicotiledóneas anuales durante unos 3-4 meses. Utilizar las dosis más bajas en suelos ligeros. En parcelas muy infestadas de crucíferas y solanáceas debe complementarse su acción mezclándolo con otros herbicidas autorizados.

– Oxifluorfen: herbicida residual y de contacto para el control de malas hierbas anuales (gramíneas y dicotiledóneas) en aplicación dirigida al suelo. Es absorbido más fácilmente por las hojas (brotes) que por las raíces, con muy poca traslocación. En preemergencia forma una película química en la superficie del suelo que se queda adherida al complejo arcilloso-húmico y destruye las plántulas al traspasarla, por lo que no se deben dar labores al suelo después de su aplicación para no romperla. Actúa por contacto, siendo más eficaz si se aplica de forma temprana (2-4 hojas). La humedad del suelo y la sombra favorecen su persistencia.

– Pendimetalina: herbicida residual que ejerce su acción al ser absorbido por las plántulas durante su germinación. Controla numerosas especies de dicotiledóneas y algunas monocotiledóneas anuales. Debe aplicarse una sola vez por campaña en preemergencia de las hierbas, en tratamiento dirigido al suelo, incorporándose mediante una labor ligera o mediante un riego. Su actividad residual es de 3-4 meses.

– Piraflufen etil: herbicida de postemergencia temprana que actúa por contacto contra especies de hoja ancha. Debe aplicarse sólo una vez por campaña.

– Quizalop-p-etil: herbicida sistémico que ejerce buen control sobre gramináceas anuales y vivaces. De aplicarse en posemergencia precoz de las mismas. Para complementar su campo de acción, debe mezclarse con un herbicida autorizado que controle dicotiledóneas.

En general, para un control eficaz y persistente de las malas hierbas es muy aconsejable la mezcla de un herbicida sistémico con un herbicida residual (p.e. glifosato + oxifluorfen) sobre todo en los casos de especies difíciles de controlar. Además, es conveniente, añadir al caldo herbicida un mojante autorizado para incrementar la eficacia del tratamiento. Así, la fina película que se forma sobre las hojas de las hierbas favorece la absorción del producto y reduce la acción del lavado por la lluvia. También es muy conveniente acidificar ligeramente el caldo, añadiendo un regulador de pH, para conseguir un pH final de 5.5 a 6.

4.7. BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M. 2004. Fruticultura. Mundi-Prensa, Madrid.

George, A., Nissen, B., Broadley, R., Collins, R., Ridgen, P., Jeffers, S., Isaacson, B., Ledger, S. 2005. Sweet persimmon grower's handbook. Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland Government, Brisbane, Australia.

Liñán, C. 2015. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas, Madrid.

MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) 2015. Registro de productos fitosanitarios.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Malagón, J., Monzó, C. 2014. Los trips y las cochinillas algodonosas, plagas emergentes en el cultivo del caqui. *Phytoma-España* 259:44-51.

Pomares, F. 2014. Necesidades nutricionales del cultivo del caqui. *Vida Rural* 375:14-18.

Pomares, F., Gris, V., Tarazona, F., Estela, M. 2014. Fertilización en el cultivo del caqui: diagnóstico del estado nutricional. *Agrícola Vergel* 375:189-194.

Ragazzini, M. 1985. *El Kaki*. Mundi-Prensa, Madrid.

5

LA PODA DEL CAQUI

Emilio Mataix-Gato

Servicio de Desarrollo Tecnológico

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

LA PODA DEL CAQUI

5.1. INTRODUCCIÓN

Tal y como se indica en otros capítulos de este libro, en el cultivo del caqui se aplican diferentes técnicas y labores culturales (marcos de plantación, riegos, abonados, tratamientos fitosanitarios, podas y sistemas de conducción) todas ellas enfocadas a lograr tres objetivos básicos:

– Cantidad. Se pretende obtener el máximo de frutos por árbol. La cantidad está directamente relacionada con el número de árboles por unidad de superficie y con la producción. Cuando las plantaciones están formadas por árboles adultos en plena producción ésta se puede clasificar en:

- Baja: de 18.000 a 25.000 kg/ha
- Media: de 25.000 a 50.000 kg/ha
- Alta: más de 50.000 kg/ha

– Calibre. Los frutos deben tener un tamaño comercial. Si la producción es alta, pero está formada por frutos de pequeño calibre, la rentabilidad disminuye.

– Calidad. Los frutos tienen que tener la forma, tamaño y color de sus características varietales. Así mismo deben cumplir una serie de requisitos sobre los que existe una normativa. Los frutos de caqui están sujetos a una serie de alteraciones fisiológicas (malformación de frutos) y físicas, sobre todo en la epidermis del fruto (tales como planchado por golpes de sol, rozaduras y manchas) que hacen que pierdan su valor comercial (Fig. 5.1).

Figura 5.1. Frutos con alteraciones fisiológicas o de buena calidad exterior.



Frutos planchados



Lesiones por rozaduras



Malformaciones



Frutos con buena apariencia exterior

La importancia alcanzada por el cultivo del caqui en los últimos años hace imprescindible una revisión de las diferentes técnicas de cultivo, a fin de establecer una serie de criterios, que permitan explotar el mayor potencial de producción mediante un buen sistema de conducción. No siendo un factor limitante del cultivo, una de las técnicas más importantes es la poda, ya que con ella se dirige el desarrollo vegetativo del árbol, modificando su forma y porte con el fin de conseguir una pronta entrada en producción.

Normalmente se asocia la poda del caqui a la de los frutales de hueso, incluso a la de los cítricos. La primera y gran diferencia con los frutales de hueso, es que todas las yemas que tiene el árbol del caqui, después de la caída de las hojas (parada vegetativa), son de madera, y las flores que se produzcan se encontrarán a partir de la segunda o tercera hoja, en la base del pedúnculo de las brotaciones de primavera. En los frutales de hueso,

las yemas de flor se encuentran ubicadas en las brotaciones de dos o más años. Por lo tanto, la poda a realizar en el caqui debe ser distinta a la que normalmente se realiza en los frutales de hueso.

5.2. PRINCIPIOS GENERALES DE PODA

En una fruticultura moderna, el concepto de poda parte de una serie de principios en los que hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Conocer y diferenciar los diversos órganos que tienen los árboles, así como su evolución y desarrollo.
- Formar una estructura o esqueleto en el que apoyar la capacidad productiva.
- Distribuir los órganos de producción, de forma que no interfieran en la luminosidad y que no creen entre ellos espacios de competencia.
- Dejar los órganos suficientes para alcanzar una óptima producción.
- Adecuar el marco de plantación de acuerdo al patrón (portainjerto) y a la variedad o variedades.

Aplicando estos criterios se pretende crear un “concepto de poda” que respete la forma natural de vegetar del árbol y que permita obtener un mayor volumen de producción en el menor tiempo posible. Podar es una manera artificial de regular el desarrollo normal del árbol. El objetivo fundamental es conseguir árboles bien formados y equilibrados (Fig. 5.2) para obtener una máxima producción con la mejor calidad de frutos posible. Con las diversas intervenciones que se realizan en cada periodo vegetativo se pretende:

- Marcar unas dimensiones del volumen del árbol (largo, ancho y alto).
- Facilitar la iluminación y la distribución de la fruta en las zonas bajas, medias y altas del árbol, tanto dentro como fuera de su estructura.
- Aumentar el tamaño y color de los frutos.
- Regular la producción.
- Mantener un equilibrio entre los órganos de vegetación y producción.

Figura 5.2. Ejemplo de un árbol bien formado y equilibrado.



- Adecuar la forma y volumen de la copa del árbol a las características del suelo, a los marcos de plantación y a la realización de prácticas culturales y de cultivo.
- Facilitar la penetración de productos fitosanitarios con los tratamientos.
- Reducir el periodo improductivo en la fase de formación del árbol.
- Suprimir las ramas rotas, secas, enfermas o improductivas para evitar el envejecimiento del árbol y la propagación de plagas y enfermedades.
- Evitar las ramas rotas por el peso de los frutos.
- Disminuir los entutorados y atados de las ramas.
- Reducir el máximo posible de lesiones en los frutos.

Sin embargo cabe destacar que la poda también puede repercutir negativamente sobre el árbol destacando los siguientes inconvenientes:

- Envejecimiento prematuro de la plantación si las podas son inadecuadas.
- Reducción de la vida del árbol debido a las heridas realizadas en los cortes de poda.
- El coste económico que supone esta práctica.

Normalmente se aconseja que durante el primer año no se porde el árbol, con lo cual la primera poda que realizan la mayor parte de productores es en invierno del segundo año de plantación. Para tener árboles bien estructurados se deben tener en cuenta sus características vegetativas, estableciendo dos épocas de poda:

- Poda de invierno. Que se extiende desde la caída de las hojas hasta el principio de la brotación y se realiza por lo tanto durante la parada vegetativa.
- Poda de primavera-verano. Es la comprendida desde el inicio de la brotación del caqui hasta la caída de hojas. Se conoce como poda en verde o en vegetación.

En la Comunitat Valenciana, dependiendo de las características agroclimáticas, la brotación se inicia desde finales de febrero a primeros de marzo y la caída de las hojas desde mediados de noviembre a principios de diciembre.

5.3. LOS ÓRGANOS VEGETATIVOS DEL CAQUI

Para poder aplicar una buena técnica de poda, es imprescindible conocer la forma de vegetar del caqui, así como los diferentes tipos de órganos vegetativos que lo componen (Capítulo 2) y su relación con la capacidad productiva de los árboles:

Brindillas

Son brotaciones cortas, delgadas y flexibles de una longitud entre diez y treinta centímetros, con entrenudos cortos y cuya posición respecto al ramo que las soporta es vertical, horizontal o inclinada (Fig. 5.3). Dependiendo del grado de luminosidad, vigor y competencia a partir de la segunda hoja, en la base de los pedúnculos salen entre una y cinco flores (una sola flor en cada base peduncular). En **brindillas de primer año**, la fruta puede alcanzar un buen calibre y suele haber una menor probabilidad de caída de flores o frutos.

En **brindillas de segundo año**, el crecimiento es menor que en las de primer año. Simplemente se ramifica brotando las dos o tres últimas yemas.

Figura 5.3. Distintos tipos de brindillas de caqui.



Brindillas de primer año



Brindillas de segundo año

Se obtienen flores que dan lugar a frutos pequeños. El pedúnculo del fruto es de mayor diámetro que el de la brindilla donde está insertado. Las hojas son más pequeñas que en las brindillas de primer año, dando lugar a una mayor cantidad de frutos planchados por los golpes de sol. Con este órgano no se puede formar la estructura del árbol porque no tiene capacidad de crecimiento. La vida de la misma es muy corta, pudiendo durar desde un año hasta un máximo de tres.

Ramos mixtos de flor

Son las brotaciones que en un periodo vegetativo alcanzan una longitud de sesenta a cien centímetros (Fig. 5.4). En la base del brote su diámetro oscila entre medio y un centímetro. En el año en que se forman, a partir de la segunda o tercera hoja sacan un número indeterminado de flores, entre cinco y siete en la base de los pedúnculos de las mismas (una sola flor en cada base peduncular). El tamaño de las hojas es grande, con entrenudos más alargados. Este órgano es el que tiene capacidad para formar la estructura del árbol y producir la fruta de mejor calidad. Si el ramo mixto ocupa una posición de verticalidad, en la siguiente brotación la yema apical dará un brote de crecimiento (dando lugar a otro ramo mixto de flor) y el resto de yemas darán brotaciones de brindillas. Si la posición del mismo es más horizontal, y tiene menor tiro de savia, todas las yemas darán brotaciones de brindillas.

Figura 5.4. Distintos tipos de brotaciones de ramos mixtos de flor de un caqui.



Ramos mixtos de flor verticales



Ramos mixtos de flor abriendados

Ramos mixtos de madera

Son brotaciones que en un periodo vegetativo alcanzan de uno a tres metros (Fig. 5.5). Éstas se encuentran en los primeros años de plantación, cuando el árbol es joven o en árboles adultos situados en posiciones de verticalidad. Las hojas son muy grandes, con entrenudos largos. Pueden sacar flores a partir de la segunda o tercera hoja en la base de los pedúnculos, aunque éstas caen por el desarrollo vegetativo del brote. Es el órgano encargado del crecimiento del árbol.

La forma de vegetar es similar a la del ramo mixto de flor. Se deben podar en el primer año de formación (poda en verde). De no hacerlo, la yema api-



Figura 5.5. Brotaciones ramos mixtos de madera en un árbol de caqui.

cal dará un brote de crecimiento y el resto de las yemas darán brotaciones de brindillas. Dado que el último tercio del brote es el único que tiene capacidad para florecer, los frutos se situarán en una zona demasiado alta del árbol. Si se poda en invierno, cuando brote en primavera, nacerán entre tres y cinco brotes (ramos mixtos de madera) y el resto de las yemas producirán brindillas. Si se reduce su longitud entre veinticinco o treinta centímetros en la brotación siguiente nacerán tres o cuatro ramos mixtos de madera que no florecerán (y por consiguiente no producirán frutos).

En plantaciones con un gran número de ramos mixtos de madera siempre tendrán bajas producciones, árboles con falta de luminosidad y desvestimiento de ramas en las zonas medias y bajas del árbol. Los ramos mixtos de madera sólo se utilizan en los primeros años para la formación del árbol si están bien situados. Si se eliminan en poda de invierno efectuando cortes rasos, se crean heridas importantes en el árbol y se pierde la capacidad de regeneración de la zona en que está ubicado.

5.4. EVALUACIÓN DE LA PLANTACIÓN

Para evaluar de forma visual el estado de la plantación, tanto en periodo vegetativo como en dormancia hay que tener en cuenta:

Periodo vegetativo

- Tener brotaciones en todo el árbol, en zonas altas más por la tendencia de la verticalidad de la savia, pero también en las zonas medias y bajas del árbol.
- El tamaño de las hojas que sean grandes y medianas, si hay hojas pequeñas es síntoma de que hay muchas brindillas (brotes, hojas y frutos de pequeño tamaño).
- En periodo vegetativo no deberá verse la madera del árbol. Es decir, si existen espacios en el volumen del árbol en donde se ve madera, es porque no existe ningún tipo de brotación. Si no hay brotaciones, no existen flores y por tanto no habrá producción.

Dormancia

Hay que observar el color de la madera. Si ésta es de color marrón cuero tendremos un material vegetativo con capacidad para dar buenos brotes. Si por el contrario, ésta es de color gris perla, independientemente de la edad de la plantación, el árbol nos está indicando que la madera se está envejeciendo (Fig. 5.6). En la brotación siguiente, no dispondremos del material más adecuado, para tener un buen crecimiento del árbol, ni una óptima producción.

5.5. LA PODA

La poda no deja de ser más que una serie de estímulos aplicados a la planta para conseguir unas respuestas. En la **poda en verde** sólo se actuará sobre brotaciones del año. El momento de empezar a realizarlas estará basado en los siguientes criterios:

Figura 5.6. Árbol de caqui envejecido con la madera de color gris perla.



- Que los brotes tengan una longitud entre sesenta y noventa centímetros.
- El grosor en la base de los brotes tiene que tener más de medio centímetro de diámetro.
- Y por último, el brote tiene que estar iniciando la lignificación, es decir, que la parte basal del brote adquiera un color marrón y el resto esté todavía verde.

No hace falta que cumplan los tres requisitos, sólo uno de los tres marca el momento de empezar a realizar la poda en verde. El momento de su realización suele coincidir entre la segunda quincena de mayo y principios de junio.

Hay que determinar el número de brotes sobre los que se debe actuar:

- Árboles pequeños de primer verde: 1-2 brotes.
- Árboles de segundo y tercer verde: 5-8 brotes.
- Árboles de cuarto y quinto verde: 10-15 brotes.
- Árboles adultos (de copa grande): 20-30 brotes.

En los dos primeros verdes es importante realizar la poda en verde para formar el árbol. A partir del tercer verde, cuando el árbol empieza a producir, es imprescindible realizarla para continuar la formación del árbol y obtener producción. No se eliminarán los brotes ni arrasándolos sobre la brotación donde están asentados ni se arrancarán mediante tirones. Se cortarán de veinticinco a treinta centímetros de la base, empezando siempre por las zonas centrales del árbol.

Si los brotes sobre los que hay que actuar tienen flores o frutos, se despuntan entre tres y cinco hojas a partir de la última flor, fruto o pedúnculo del mismo en el caso que haya caído el fruto (Fig. 5.7). Cada tres semanas se irá repitiendo la poda. Sólo se dejarán sin actuar las tres-cinco guías cuando se esté formando árboles. En la poda de invierno se rebajarán a la altura conveniente. Si el árbol ya tiene la altura suficiente, se podarán también las guías. Si se realizan entre tres y cinco podas en verde estarán

Figura 5.7. Brotes de caqui cortados entre tres y cinco hojas por encima del fruto.



todos los brotes prepodados. En invierno, si hay demasiados brotes, se aclararán al igual que las brindillas.

En definitiva, mediante la poda en verde se pretende:

- Que las yemas que quedan por debajo del corte acumulen sustancias de reserva. En la brotación del año siguiente darán dos o tres brotes de vigor que tendrán flores y un menor número de brindillas.
- Reconvertir ramos mixtos de madera en ramos mixtos de flor ya que no se deja que alcancen longitudes de dos o tres metros.
- Evitar la caída fisiológica, si cortamos los brotes a partir de tres o cinco hojas por encima de las flores o frutos.
- Facilitar la iluminación del árbol.
- Ubicar la fruta más cerca de la base de los brotes, evitando roturas de ramas, lesiones en la piel de los frutos y planchados por golpes de sol.

En cuanto a la **poda de invierno** o en parada vegetativa cabe en primer lugar destacar la poda de raíces. Cuando se efectúa la plantación sobre el terreno de asiento, comprobaremos si las raíces de los plántones están

rotas, desgajadas, o deterioradas debido al arranque en el vivero. Por este motivo, debemos llevar a cabo una poda de raíces, en las que eliminaremos aquellas que presenten necrosis, pudriciones o deformidades. Realizaremos la poda del resto de raíces dejándolas a una longitud entre diez y veinte centímetros, procurando que no quede ningún tipo de lesión en ellas, dejando los cortes lo más lisos posibles. También se acortan las raicillas más finas dejándolas en unas longitudes entre uno y tres centímetros.

En cuanto al tocón que queda por encima del injerto es importante arrastrarlo para facilitar la cicatrización y quede cubierto más rápidamente por el tejido vegetal (Fig. 5.8). Es conveniente además desinfectar con una solución fungicida e insecticida la zona radicular, para proteger las raíces y los cortes efectuados de posibles enfermedades o ataques de parásitos del suelo.

En cuanto a la poda de formación, después de todo un periodo vegetativo primavera-verano-otoño, cuando el árbol ha perdido las hojas, y desde el primer año de plantación, hay que realizar la poda. Un árbol no se puede formar si no hay un número suficiente de ramos mixtos de madera o de flor. Éstos serán la suma del número de guías en las que formaremos la estructura del árbol (entre tres y cinco) y las que tienen que formar la zona baja de producción (entre tres y cinco ramos más). El material a seleccionar, tanto en las guías como en la zona baja de producción, tiene que estar equidistante. Las faldas se quedarán a una distancia de entre veinticinco y treinta centímetros, y las guías treinta y cinco y cuarenta centímetros más altas que las faldas o zona baja de producción.

Figura 5.8. Distintas imágenes del tocón con una buena y mala cicatrización.



Figura 5.9. Árbol con poco crecimiento en un periodo vegetativo y poda de retroceso en invierno.



Árbol con poco crecimiento en un período vegetativo



Poda de retroceso en invierno

Si los árboles no tienen un número suficiente de brotes, se efectuará una poda de retroceso, cortándolos todos a quince-veinte centímetros (Fig. 5.9). Así en la brotación siguiente, se consigue que el árbol emita quince-veinte ramos mixtos, para empezar a seleccionar en poda en verde los que formarán el volumen del árbol. En el segundo año, se mantendrá la zona baja de producción y de las guías cortadas en invierno habrá en cada una de ellas tres-cuatro brotes más. Uno de ellos se dejará como prolongación de guía, y los otros formarán la zona media de producción, actuando en invierno de la misma manera que en el año anterior.

A partir del tercer verde, el árbol comienza el periodo de producción, con la poda se actuará de la misma manera que en los años anteriores, hasta alcanzar la altura deseada del árbol. La distribución de los ramos en el árbol debe efectuarse de manera que el material de producción que queda después de la poda no esté entrecruzado ni superpuesto y deje pasar la luz (Fig. 5.10). En la poda de invierno se procede a aumentar o disminuir el volumen del árbol, eliminando las brindillas secas, aclarando si hay demasiadas y dando prioridad en el aclareo a las que están ramificadas. Los ramos de poda en verde,

Figura 5.10. Imágenes del interior de la copa de árboles de caqui con distintos niveles de luminosidad interior.



Falta de luminosidad en la zona central del árbol



Árbol con buena luminosidad

se aclaran si están demasiado juntos. La poda no se efectúa mediante cortes rasos sino que se dejará un tocón entre tres y cinco centímetros.

A partir del cuarto-quinto año, tendremos árboles que ya tendrán la altura deseada, entrando en el periodo de árboles adultos y de máximas producciones. En la poda de invierno, estamos seleccionando el material, para que en la brotación de la primavera siguiente den unas brotaciones que tengan capacidad de emitir flores. En definitiva, un árbol bien estructurado debe estar formado por:



Figura 5.11. Árbol de caqui con la zona baja desvestida.

- Una zona baja del árbol con ramas de longitudes cortas, para que el peso de los frutos al arquear las ramas éstos no toquen el suelo.
- Una zona media ancha y con ramas más altas donde tendremos asentados la mayor parte de brotes de producción de fácil acceso a la recolección.
- Una zona alta, donde tendremos ramos de producción con longitudes cortas para evitar que sombreen a las zonas medias y bajas, facilitándose así la recolección.

5.6. REJUVENECIMIENTO DEL ÁRBOL, LA PODA EN VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN

Cuando la poda no ha sido la adecuada, los árboles presentarán las siguientes características negativas:

- Pérdida de la zona baja de producción, con ramas desvestidas (o carentes de brotes, Fig. 5.11).
- Pérdida de la producción en la zona interior de los árboles.
- Situación de los frutos en las partes altas y exteriores del árbol.
- Envejecimiento y pérdida de capacidad de emitir brotes vigorosos para obtener cantidad y calidad en la fruta.

En estos casos se debería proceder a una poda de rejuvenecimiento, consistente en una renovación del árbol (Fig. 5.12). Cualquier rama, independientemente de su grosor o edad, cuando se corta a unos treinta centímetros de donde parte o está insertada en la brotación siguiente, tiene capacidad de emitir brotes vigorosos. Estos, en el año en que se forman no emiten flores, pero mediante la poda en verde se puede reconvertir para que en la brotación del siguiente año, cada uno de los brotes que queden después de la poda de invierno, tengan capacidad de regenerar la zona donde quedan situados y tengan producción (Fig. 5.13).

Para practicar la poda de rejuvenecimiento y su intensidad hay que plantearse una serie de cuestiones:

Figura 5.12. Poda rejuvenecimiento total del árbol.



Árbol antes de aplicarse la poda de rejuvenecimiento



Árbol tras la realización de cortes a unos 35 cm de altura desde la cruz



Árbol en brotación la primavera siguiente

Figura 5.13. Árbol de caqui en distintas fases fenológicas durante la poda de rejuvenecimiento.



Árbol en verano y podas en verde



Poda de invierno formando zona baja de producción y altura de guías

- La producción en que se encuentra la plantación.
- El calibre de los frutos.
- El estado de envejecimiento de los árboles.
- El grado de ramas desvestidas.

Hay que tener presente que no se debe sacrificar la producción por la poda para no perder rentabilidad. La evaluación y análisis de la poda de rejuvenecimiento se debe realizar en varios años hasta proceder a un cambio en el arbolado. Cuando la producción y el calibre de los frutos hacen que la explotación no sea rentable, se cortan los troncos que forman la estructura del árbol a veinticinco centímetros de la cruz.

En la brotación de la primavera siguiente se estructura el árbol de nuevo con el más de medio centenar de brotes que emitirán las ramas cortadas. Toda rama recortada el primer año de brotación no emitirá flores, pero al aplicar las podas en verde las reconvertimos en ramos mixtos de flor. Si la explotación tiene una producción rentable, se puede ir recortando

Figura 5.14. Rejuvenecimiento del árbol en diferentes años.



algunas ramas desvestidas empezando siempre por las zonas más bajas del árbol así como algún centro (Fig. 5.14). Así en varios años y sin perder producción se irá rejuveneciendo el arbolado.

La poda en volúmenes de producción para rejuvenecer el árbol persigue una serie de objetivos encaminados a conseguir la máxima producción de la plantación en un periodo de tiempo lo más reducido posible. Cuando estos conceptos son llevados a la práctica, las condiciones agroclimáticas son adecuadas, y el resto de labores culturales y de cultivo se realizan bien, el árbol suele tener una respuesta positiva.

A continuación se expone la evolución y desarrollo de diferentes plantaciones de la variedad de caqui 'Rojo Brillante', desde árboles recién plantados hasta árboles en plena producción (Fig. 5.15). Cabe finalmente destacar que el concepto de poda en volúmenes productivos no es exclu-

yente con respecto a otros sistemas de poda. Las actuaciones realizadas en las diferentes épocas del año irán avaladas de un conocimiento previo de la forma de vegetar del árbol y la eliminación racional de aquellas partes del vegetal que no nos interese mantener. Con ello se busca un equilibrio entre la producción y la masa vegetativa.

Figura 5.15. Evolución y desarrollo de diferentes plantaciones de caqui 'Rojo Brillante', desde árboles recién plantados hasta árboles en plena producción.



Árbol en verano y podas en verde



Árbol de segundo verde



Árbol de tercer verde



Árbol de cuarto verde con exceso de vegetación y falta de iluminación



Árbol de cuarto verde con fruta y bien equilibrado



Árbol adulto de más de cinco años

6 MANEJO DEL RIEGO. NECESIDADES HÍDRICAS DEL CAQUI Y RESPUESTAS AL ESTRÉS HÍDRICO

**Diego S. Intrigliolo¹, Cristina Besada², Alejandra Salvador²
y Luis Bonet³**

¹ Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)
Actualmente:
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS)
Consejo Superior Investigaciones Científicas (CSIC)

² Centro de Tecnología Post-Recolección
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

³ Servicio de Tecnología del Riego
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

MANEJO DEL RIEGO. NECESIDADES HÍDRICAS DEL CAQUI Y RESPUESTAS AL ESTRÉS HÍDRICO

6.1. NECESIDADES HÍDRICAS DEL CAQUI

En los climas semi-áridos de las zonas productoras de caqui en España (Valencia y Andalucía, fundamentalmente) la pluviometría es frecuentemente inferior a 500 mm (500 L/m² de superficie de suelo). Bajo estas condiciones climáticas, el manejo del riego es sin duda alguna la práctica de cultivo que más puede influir sobre la producción total y el tamaño y calidad de los frutos en recolección.

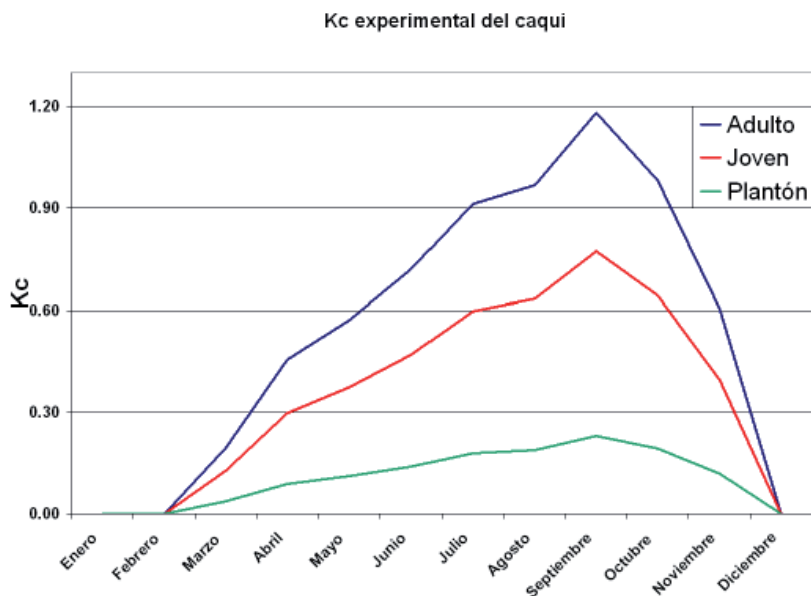
El riego es además una práctica compleja dado que, además de aspectos agronómicos, influyen factores relacionados con las estructuras de las redes de riego y con la tecnología empleada para suministrar el agua al cultivo. Hoy en día, con la extensión del riego localizado por goteo, es posible aplicar con bastante exactitud la cantidad de agua que un cultivo necesita en cada momento, la clave en este punto es disponer de información de cuáles deben ser las dosis de riego adecuadas.

La metodología más extendida para el cálculo de las necesidades de riego ha sido la propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), recogida en la publicación de la serie Riego y Drenaje 56; 'Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos' (Allen y col. 1998), estimando las necesidades hídricas mediante un procedimiento que tiene en cuenta dos factores:

- Variables climáticas (temperatura y humedad del aire, radiación solar y velocidad del viento) que influyen en la demanda evaporativa o evapotranspiración de referencia (ET₀)
- Un factor ligado al cultivo, denominado coeficiente del cultivo (K_c).

Bajo este modelo, las necesidades hídricas o evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calculan como $ET_c = ET_0 * K_c$. Sirva un ejemplo para aclarar el cálculo. Imaginémosnos dos parcelas, una de cítricos y otra de caqui situadas en la misma localidad; en ambas parcelas la ET₀ será la misma, sin embargo es evidente que la plantación de cítricos y la de caqui pueden tener consumos hídricos distintos. Por ello en el procedimiento de la FAO entra en juego el factor K_c.

Figura 6.1. Evolución temporal del coeficiente de cultivo experimental del caqui en función de la edad de la plantación y de los meses del año.



En la actualidad, no se han realizado estudios científicos para cuantificar el K_c del caqui. Sin embargo, sí se han llevado a cabo experiencias empíricas que han permitido definir unos coeficientes de cultivo preliminares (experimentales) y por lo tanto unas necesidades hídricas orientativas. El coeficiente de cultivo obtenido (Fig. 6.1) varía en función de la época del año y de la edad de la plantación, dado que cuanto mayor es el tamaño de los árboles mayores son los consumos de agua. Los mayores valores del K_c se dan durante los meses de agosto y septiembre, durante un periodo de rápido crecimiento lineal del fruto y una vez el árbol ha completado su desarrollo vegetativo; durante estos meses de finales del verano, el K_c puede alcanzar valores ligeramente superiores a la unidad.

De este modo es posible estimar las necesidades de riego del caqui de manera bastante aproximada, teniendo en cuenta que este sistema proporciona una referencia, como no puede ser de otro modo, atendiendo a los parámetros que intervienen en el cálculo. Por ello, la metodología propone un cálculo semanal con el fin de poder recoger tanto las variaciones del tiempo atmosférico como las del propio cultivo.

La información climática y del K_c antes citado son divulgados por los Servicios de Asesoramiento al Regante de cada Comunidad Autónoma. En el caso concreto del caqui, hasta la fecha, la información puede encontrarse en el portal de riegos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) (<http://riegos.ivia.es>), gestionado por el Servicio de Tecnología del Riego. Atendiendo a dicha metodología, pueden ofrecerse unos valores medios para la zona de producción mayoritaria en España, las comarcas de la Ribera del Júcar (Tabla 6.1). Los valores mostrados deben considerarse como orientativos, dado que de sobra es sabido que las características meteorológicas cambian frecuentemente de una campaña a otra. Estos valores son muy útiles para el diseño hidráulico y agronómico del riego por goteo que, aunque no son objeto de estudio de este capítulo, son de gran importancia para un manejo eficiente del riego.

Tabla 6.1. Programación del riego orientativa teniendo en cuenta los datos climáticos históricos [Evapotranspiración de referencia (ET_o) y lluvia] del interior de la provincia de Valencia (datos promedio del periodo 2000-2013).

Mes	ET _o (mm)	Pluviometría (mm)	Necesidades riego plántón (m ³ /ha)	Necesidades riego joven (m ³ /ha)	Necesidades riego adulto (m ³ /ha)
Enero	46	37	0	0	0
Febrero	57	36	0	0	0
Marzo	84	50	0	0	0
Abril	104	52	52	145	119
Mayo	133	47	113	357	468
Junio	150	11	201	667	998
Julio	165	9	287	957	1445
Agosto	139	12	253	844	1267
Septiembre	101	59	193	620	858
Octubre	68	98	89	270	320
Noviembre	46	50	13	17	0
Diciembre	38	40	0	0	0
Total	1130	502	1200	3877	5475

Cabe destacar que en los meses de otoño el coeficiente de cultivo a emplear para estimar las necesidades hídricas puede variar notablemente en función del manejo del cultivo. Así pues, en la variedad ‘Rojo Brillante’ habitualmente comercializada en forma de caqui Persimon® (Capítulo 1), la maduración y recolección de la fruta puede variar en el tiempo de forma muy notable. En los casos que se lleven a cabo tratamientos en campo para retrasar la maduración de los frutos (Capítulo 8), la hoja del árbol se mantendrá activa durante más tiempo, lo que conlleva un incremento de las necesidades de riego frente a situaciones opuestas en las que la recolección temprana de la fruta implica una entrada en senescencia más rápida del árbol (Fig. 6.2).

6.2. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

En el apartado anterior se han establecido las bases para tener una primera referencia de cuál debe ser el régimen de riego adecuado para una plantación de caqui. El procedimiento descrito para estimar las necesidades hídricas puede tener ciertas incertidumbres además de no infor-

Figura 6.2. Árbol de caqui con las hojas senescentes tras una recolección adelantada (izquierda), frente a un árbol con la hoja aún verde y activa debido a la presencia del fruto aún no recolectado (derecha).



mar acerca de la frecuencia y dosis a aplicar en cada riego. Este sistema no permite establecer cómo aplicar los volúmenes de riego calculados, ya que esto depende de factores ligados a las características del suelo y equipamiento de riego de cada parcela. Hablamos de fraccionamiento del riego, concepto básico para alcanzar la eficiencia necesaria en las aportaciones de agua. La distribución de la cantidad global en un periodo depende de las características del suelo, fundamentalmente la textura. Así los suelos arenosos deben recibir el agua con riegos más frecuentes y cortos mientras que, por el contrario, la programación en suelos pesados implica riegos largos y más espaciados entre sí.

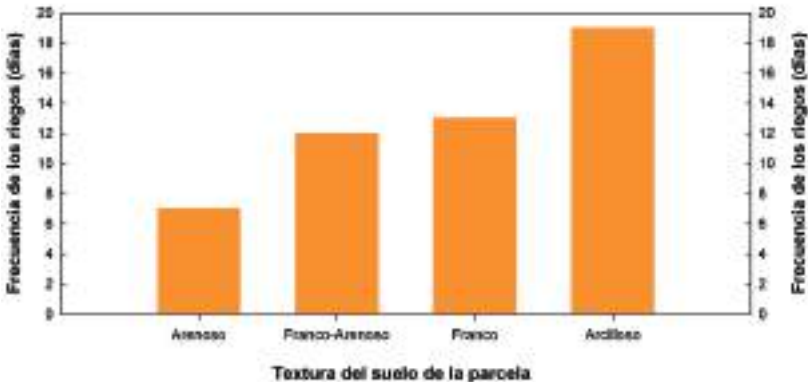
En este punto, cabe introducir el caso de los regadíos tradicionales aún frecuentes en las plantaciones de caqui. En riego por inundación (a man-ta) resulta complicado aplicar la dosis de riego necesaria y cuantificar los volúmenes de riego que se aportan. Por lo tanto, las recomendaciones prácticas que se pueden proporcionar deben basarse en definir unas frecuencias aconsejadas de riego en función de la textura de los suelos; dado que este factor influye notablemente sobre la capacidad de retención de agua de los mismos. Así pues, los suelos arenosos retienen menor cantidad de agua que los arcillosos, lo que obliga a una aportación más frecuente de los riegos, como ya se ha indicado anteriormente.

En la Fig. 6.3 se muestran las frecuencias recomendadas para la aplicación del riego por superficie, destacándose como, en pleno verano, en los suelos arenosos sería recomendable realizar riegos con una frecuencia semanal, con una cantidad de agua aportada en cada riego inferior que en el caso de los suelos arcillosos donde la frecuencia de los riegos pasaría a ser de 19 días, pero con riegos más abundantes.

Por todo lo anterior reviste gran interés profundizar sobre el uso de nuevas tecnologías para el manejo del riego, basadas en la medida del estado hídrico del suelo y/o planta, y que, en todo caso, deben entenderse como estrategias complementarias y nunca excluyentes de la programación en base a información del clima (ET_o y K_c).

Para intentar conseguir un adecuado manejo del riego de acuerdo con las características del cultivo y del consumo que realizan las plantas, se requiere delimitar cuáles son las necesidades de los cultivos, aplicar un método y estrategia de riego adecuado y controlar que lo que se ha aplicado es correcto. La comprobación y control hay que realizarlos midiendo lo que realmente sucede en el terreno, y aquí es donde juegan su papel los sensores de me-

Figura 6.3. Frecuencia en la aportación de los riegos por inundación (a manta) para una plantación adulta de caquis durante los meses del verano en función de la textura del suelo.



medida de la humedad del suelo. El objetivo principal de la utilización de estos sensores es conseguir una estimación precisa de la cantidad de agua que se incorpora al sistema suelo-planta en cada momento, de forma que puedan evitarse pérdidas de agua en profundidad o un déficit hídrico no deseado.

Aunque existen muchos tipos de sensores de medida de la humedad del suelo, aquí solo se hará referencia a los de más reciente introducción en el mercado, las sondas capacitivas tipo FDR (Reflectometría en el Dominio de la Frecuencia). Otros, tales como tensiómetros, Watermark®, etc., son suficientemente conocidos. En cualquier caso, el modo de representación, interpretación y utilización de los datos para la toma de decisiones es de aplicación a todos los sensores de medida de la humedad en el suelo.

Las sondas capacitivas miden la humedad del suelo por variación de las propiedades dieléctricas del mismo, mediante la determinación de su coeficiente dieléctrico a través de la capacitancia. Dentro de este tipo de sensores existen sondas simples de un solo sensor fijo o móvil (Fig. 6.4) y sondas multisensor. En las sondas multisensor el diseño habitual es el de anillos concéntricos que permiten la instalación en el suelo de una sonda situada en el interior de un tubo de acceso impermeable. Las sondas multisensor suelen llevar instalados varios sensores a profundidades variables, lo que permite la estimación de la humedad del suelo simultáneamente a varias profundidades.



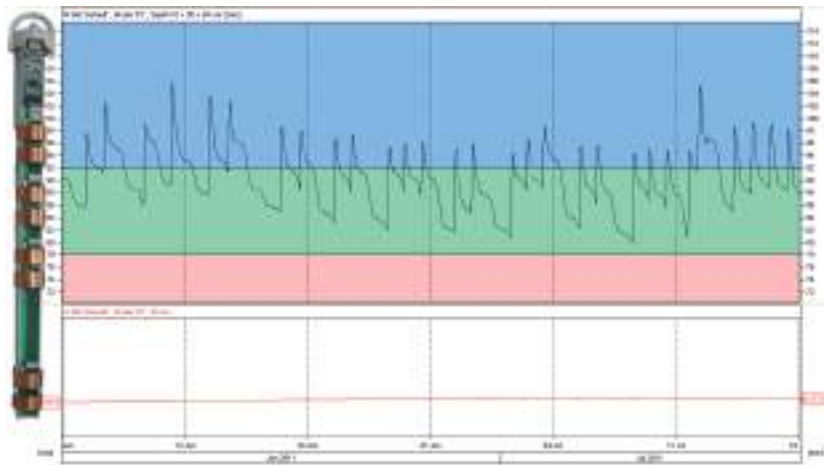
Figura 6.4. Medida de la humedad del suelo con sonda portátil para la gestión de riego en caqui.

Uno de los problemas que presentan es que la zona de medida es limitada, correspondiendo únicamente a unos 10 cm en altura (5 cm por encima y 5 cm por debajo del sensor) y aproximadamente 7 cm de radio alrededor del anillo, aunque es en los 3 cm más próximos al tubo de acceso donde se concentra el 90% de la señal. Además hay que tener en cuenta que el contenido de humedad en el suelo de una parcela es muy variable, especialmente con el riego localizado por goteo donde no se humedece uniformemente todo el suelo que se moja. Por otra parte, la distribución del sistema radicular dista mucho de ser homogénea, tanto en profundidad como horizontalmente. Todo ello hace que se recomiende instalar más de una sonda por parcela, con el fin de disponer de una medida más representativa del contenido de agua en el suelo disponible para la planta. La gran ventaja que presentan estas sondas desde el punto de vista del manejo del riego es que, gracias al registro 'casi continuo' de datos y el sistema de transmisión vía radio, GSM o GPRS, la información sobre los cambios de humedad aparece prácticamente en tiempo real, aunque esto no sea determinante en su utilización.

En la Fig. 6.5 se muestra un ejemplo de los datos registrados por una sonda capacitiva FDR multi-sensor. Se puede apreciar el consumo diario por parte de las plantas y los riegos aplicados que hacen incrementar el nivel de humedad. Cuando la pauta de riego es adecuada, el valor absoluto de la humedad de cada capa en particular no es lo importante sino como evoluciona y cual es su tendencia (Fig. 6.5). Si la aplicación de agua supera a la extracción que realiza el cultivo, habrá un exceso de agua que percolará y aumentará el contenido de agua en profundidad, lo que se verá reflejado en la medida del sensor correspondiente (línea roja de la Fig. 6.5).

Así pues, hay que utilizar las variaciones de ese contenido de agua para minimizar en lo posible las pérdidas notables por drenaje, así como también impedir que se seque el suelo a niveles que induzcan un estrés no deseado al cultivo. Para el manejo del riego por este procedimiento es necesario definir un límite superior de contenido de agua, que generalmente coincide con la capacidad de campo, y un límite inferior que corresponderá al nivel de estrés que no hay que sobrepasar (Fig. 6.5).

Figura 6.5. Evolución temporal del contenido de agua en el suelo. El panel superior muestra la evolución del contenido de humedad en la zona radicular (sensores instalados a 10, 30 y 50 cm de profundidad). La franja verde delimita el nivel idóneo de humedad. El panel inferior muestra la evolución de la humedad a 80 cm, zona de drenaje.



Las dos estrategias de riego mencionadas (información climática y medida de la humedad del suelo) tratan, en definitiva, de estimar de manera indirecta la ‘salud’ hídrica de los árboles. Dado que las plantas integran las condiciones externas del entorno, clima y suelo y las reflejan en su estado hídrico, parece lógica la utilización de métodos de programación del riego basados en la propia planta. El instrumento más empleado para cuantificar el estado hídrico en los cultivos es la cámara de presión (Fig. 6.6) con la que se mide el potencial hídrico.

La determinación más usual es la del potencial hídrico de hoja no transpirante, comúnmente denominado ‘potencial de tallo’ (Ψ_{tallo}). En este caso la hoja a medir se cubre con una bolsa de plástico de cierre hermético (que impide la transpiración) y exteriormente aluminizada (que refleja la radiación solar y reduce el calentamiento) (Fig. 6.6). Tras aproximadamente una hora, período durante el que su estado hídrico se iguala con el del tallo, se corta la hoja por el pecíolo y se coloca en el interior de una cámara de cierre estanco de modo que el borde cortado queda hacia el

Figura 6.6. Cámara de presión preparada para la determinación del potencial hídrico (izquierda). Hojas embolsadas para medir el potencial hídrico de hoja embolsada o de tallo (Ψ_{tallo}).



exterior. Se inyecta nitrógeno o aire comprimido a presión en la cámara y cuando empieza a salir savia por el corte del pecíolo, se lee la presión en el manómetro. Esa lectura representa la tensión o potencial hídrico a la que se encontraba la savia en el xilema antes del corte de la hoja.

Las determinaciones se llevan a cabo preferentemente a mediodía solar, que es cuando habitualmente se produce el grado máximo de estrés alcanzando por las plantas. Los valores absolutos de Ψ_{tallo} pueden emplearse para discernir el estado hídrico del caqui con poco error. En pleno verano para árboles sin limitaciones de agua en el suelo son esperables valores de Ψ_{tallo} de entre -0.55 y -0.75 MPa, siempre y cuando el Ψ_{tallo} no se determine en días nublados o de fuerte poniente. No obstante, debe tenerse en cuenta que en riego localizado por goteo, aún cuando los árboles se rieguen de acuerdo a sus necesidades, las plantas manifiestan progresivamente potenciales mayores (más negativos) a lo largo del año. Estas diferencias pueden ser del orden de 0.1– 0.3 MPa.

6.3. RESPUESTA DEL CAQUI AL ESTRÉS HÍDRICO

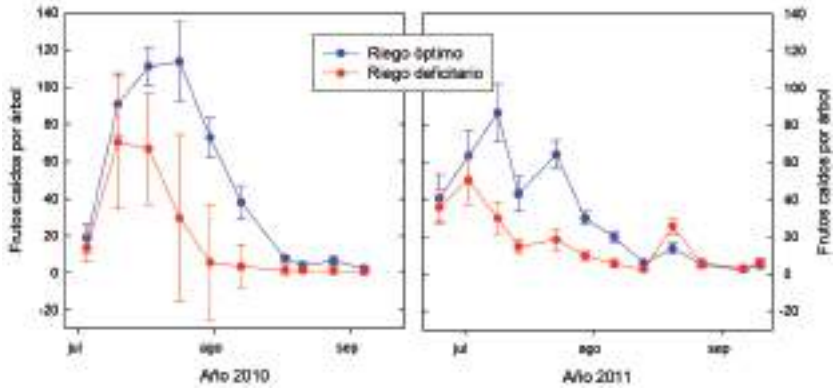
6.3.1 Efectos del estrés hídrico sobre la producción y sus componentes

Cuando el riego aplicado o la precipitación ocurrida no llegan a cubrir las necesidades hídricas de la planta, y tras el agotamiento de las reservas del suelo, el árbol comienza a sufrir un estrés hídrico derivado de la imposibilidad de extraer el agua del suelo necesaria para garantizar una óptima transpiración y por lo tanto un óptimo funcionamiento. En las plantas el estrés hídrico tiene múltiples consecuencias, que a nivel del cultivo del caqui pueden afectar tanto al crecimiento vegetativo y reproductivo así como a la calidad de la fruta. El caqui, y en particular la variedad partenocárpica 'Rojo Brillante', tiene una acusada época de caída y abscisión de los frutos. Este proceso está también regulado por el estado hídrico del árbol, bien directamente por los efectos del estrés hídrico sobre el balance hormonal de la planta, pero sobre todo indirectamente por los efectos del estrés sobre el crecimiento vegetativo y la competencia que se establece entre los órganos vegetativos y reproductivos.

Los estudios llevados a cabo en el caqui 'Rojo Brillante' en la provincia de Valencia (Badal y col. 2013) han puesto de manifiesto que restricciones del riego controladas, llevadas a cabo durante los meses de Junio y Julio aplicando la mitad de las necesidades óptimas, pueden disminuir la caída de frutos (Fig. 6.7). De hecho, durante los años 2010 y 2011 se encontró una relación entre el estado hídrico del árbol, cuantificado mediante el Ψ_{tallo} , y la caída de frutos. Esto demuestra que, en el rango de estrés hídrico evaluado (estrés moderado), la caída de frutos se reduce a medida que incrementa el estrés hídrico (Fig. 6.8).

Cabe destacar que el estrés hídrico puede afectar también negativamente al crecimiento del fruto, reduciendo su tamaño final. En ese sentido se muestran los resultados de un ensayo de dos años en los que se comparó el crecimiento en diámetro del fruto en árboles sometidos a distintos regímenes de riego (riego óptimo, riego deficitario en primavera, riego deficitario en verano y riego deficitario en otoño) (Fig. 6.9). Se puede observar

Figura 6.7. Evolución temporal de la caída de frutos en árboles mantenidos con riego óptimo o con riego deficitario (50% del óptimo).



que en particular el recorte de riego durante los meses de la primavera o del verano reduce el diámetro del fruto. Sin embargo, el recorte del riego durante los meses del otoño afecta menos al tamaño final alcanzado por los frutos. Esto se debe en parte a una menor sensibilidad del fruto al estrés hídrico en su fase final de crecimiento y maduración y también a que debido a los aportes de la lluvia durante el otoño el árbol sufre menos como consecuencia de las restricciones del riego.

Figura 6.8. Relación entre el número de frutos caídos durante los meses de junio y julio y el potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) promedio de ese periodo.

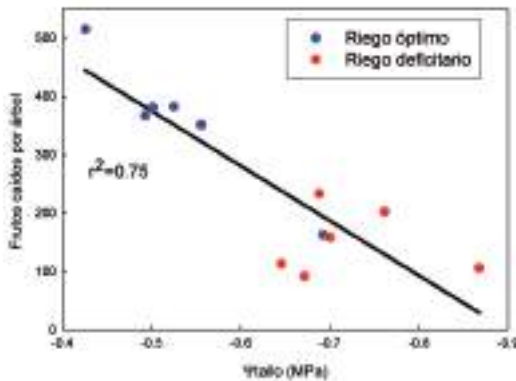
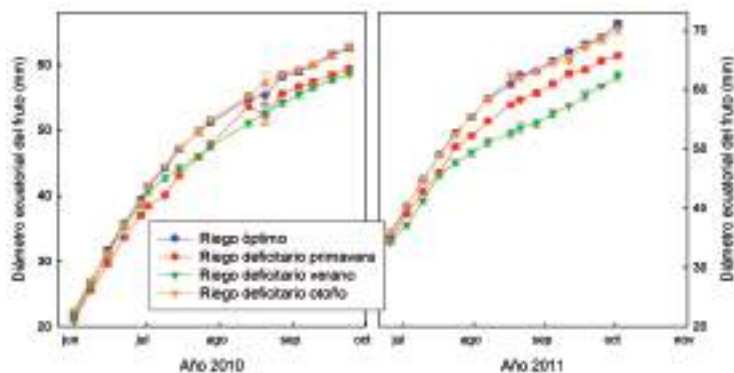


Figura 6.9. Evolución temporal del crecimiento del fruto en árboles sometidos a distintos regímenes de riego (óptimo y deficitario aplicado en distintos periodos).



Los ensayos referidos en este apartado se enmarcan dentro de las experiencias llevadas a cabo para evaluar la respuesta del caqui a la técnica conocida como 'riego deficitario'. Cuando no se pueden cubrir mediante el riego todas las necesidades de agua de un cultivo hay que recurrir a riegos deficitarios que, en su concepto más amplio, consisten en el riego deliberado y sistemático con menos agua de la que necesitan los cultivos para su máxima producción y crecimiento. El planteamiento puede establecerse desde dos aspectos diferentes:

- Riego deficitario sostenido: reducción constante durante todo el período de cultivo.
- Riego deficitario controlado (RDC): reducción controlada de los aportes de agua solo en ciertos períodos fenológicos.

En este sentido cabe destacar que el cultivo del caqui es sensible al estrés hídrico ya que éste, como ya hemos comentado, puede reducir el tamaño del fruto (Buesa y col. 2013). Sin embargo, mediante estrategias de riego deficitario puede reducirse la caída de frutos cuando el estrés hídrico acontece durante la segunda fase de la caída de frutos, al final de la primavera y comienzo del verano. Esta reducción de la caída de frutos pue-

de ser de interés agronómico, especialmente en años de poca producción y fuerte caída de frutos cuando la productividad puede estar limitada por la carga de frutos que el árbol es capaz de retener. De todos modos cabe destacar que cuando se emplean estrategias de RDC es importante determinar la severidad del estrés hídrico impuesto, en particular midiendo el estado hídrico de la planta mediante la cámara de presión. Para reducir la caída de frutos es suficiente con aplicar un estrés moderado durante los meses de junio-julio sin necesidad de que el árbol alcance valores de Ψ_{tallo} inferiores a -1.1 MPa. Para acelerar la maduración del fruto puede recortarse el riego al final del verano evitando que el Ψ_{tallo} descienda por debajo de -1.3 MPa.

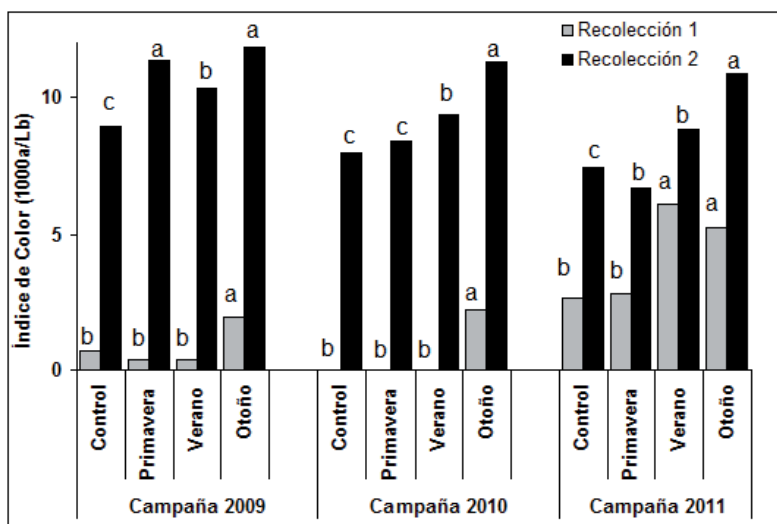
6.3.2. Efectos del estrés hídrico sobre la calidad del fruto de caqui y su astringencia

El estrés hídrico, además de afectar al crecimiento del fruto, puede modificar notablemente su calidad y los niveles de astringencia tanto antes como después del tratamiento de desastringencia. De hecho, hay ciertas evidencias empíricas que indican que en los años muy secos o en aquellas parcelas con falta de riego, puede ser más problemático eliminar la astringencia de los frutos durante la poscosecha. Sin embargo, los resultados de un ensayo experimental de tres años de duración en los que en la misma parcela se compararon distintas dosis de riego (deficitario y óptimo) han puesto de manifiesto que el estrés hídrico controlado no afecta a la concentración de los taninos solubles del fruto (directamente relacionados con el nivel de astringencia) ni antes ni después del tratamiento poscosecha en el que los frutos se exponen a altas concentraciones de CO_2 (Capítulo 12). Así pues, se puede afirmar que el manejo controlado del riego no tiene por qué influir directamente sobre la pérdida de astringencia de los frutos de la variedad 'Rojo Brillante'.

Por otra parte, es importante señalar que un estrés hídrico moderado llevado a cabo durante el crecimiento final del fruto y la maduración puede suponer un adelanto en la maduración de la fruta. Este aspecto es de gran

importancia en el cultivo del caqui, actualmente basado en una sola variedad y donde hay un gran interés en alargar el periodo de recolección de la fruta. Así pues, en unos estudios llevados a cabo en Valencia con la variedad ‘Rojo Brillante’ se puso de manifiesto que en un determinado momento de recolección, los frutos procedentes de árboles regados deficitariamente durante el otoño tenían un índice de color más elevado (Fig. 6.10).

Figura 6.10. Efecto de los distintos tratamientos de riego sobre el índice de color de la fruta. El tratamiento control se regó para mantener el árbol en un estado hídrico óptimo durante toda la campaña, mientras que los tratamientos denominados ‘primavera’, ‘verano’ y ‘otoño’ recibieron un recorte de riego durante las citadas estaciones. En cada recolección y campaña letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,05$.



6.4. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, pp 15-27.
- Badal, E., Abd El-Mageed, T.A., Buesa, I., Guerra, D., Bonet, L., Intrigliolo, D.S. 2013. Moderate plant water stress reduces fruit drop of 'Rojo Brillante' persimmon (*Diospyros kaki*) in a Mediterranean climate. Agr. Water Manage. 119:154-160.
- Buesa, I., Badal, E., Guerra, D., Ballester, C., Bonet, L., Intrigliolo, D.S. 2013. Regulated deficit irrigation in persimmon trees (*Diospyros kaki*) cv. 'Rojo Brillante'. Sci. Hort. 159:134-142.

7

FERTILIZACIÓN

Fernando Pomares, Vicente Gris y María R. Albiach

Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

FERTILIZACIÓN

La fertilización es la técnica de cultivo que tiene como finalidad aportar a los suelos o a las plantas directamente los nutrientes necesarios para lograr una nutrición equilibrada capaz de generar un desarrollo adecuado de los órganos vegetales y una producción óptima (en rendimiento y calidad) con el mínimo riesgo de contaminación ambiental.

Para lograr una nutrición mineral adecuada en el caqui, como en cualquier cultivo agrícola, se requiere la presencia en concentraciones variables de los nutrientes esenciales, unos en mayor concentración (macronutrientes): nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), y magnesio (Mg), y otros en menor concentración (micronutrientes): hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), cinc (Zn), boro (B) y cloro (Cl).

7.1. FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

Nitrógeno

Es un componente de los aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, enzimas, hormonas, etc., que son compuestos básicos del metabolismo vegetal. De ahí que el nitrógeno esté considerado como el nutriente más importante en la nutrición mineral de los cultivos, desempeñando un papel crucial tanto en el desarrollo vegetativo como en la floración y en la producción (rendimiento y calidad de los frutos). La aportación de una

dosis óptima de nitrógeno en la fertilización del caqui es de capital importancia, ya que tanto una deficiencia como un exceso de este nutriente pueden generar efectos negativos.

La deficiencia de nitrógeno se manifiesta en una disminución en el tamaño de las hojas, un amarilleamiento de las mismas, y una caída precoz de éstas. También disminuye el número de yemas florales, el cuajado, el rendimiento y el tamaño de los frutos (George y col., 2005). Por el contrario, un exceso de nitrógeno puede afectar negativamente a la floración, el cuajado, la caída de los frutos, el rendimiento, y la calidad de los frutos (menor firmeza, menor contenido de azúcares, peor conservación, etc.) (George y col., 2005).

El nitrógeno del suelo se encuentra en varias formas: orgánico, amoniacal (NH_4^+), nítrico (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), pero la más abundante es la orgánica. El nitrógeno orgánico representa más del 95% del nitrógeno total del suelo, y puede alcanzar cifras de varias toneladas por hectárea. No obstante, el nitrógeno orgánico no puede ser absorbido en esa forma por las raíces de las plantas. Para que pueda ser absorbido se requiere una transformación previa en formas inorgánicas: amoniacal o nítrica, que son asimilables por los cultivos, particularmente la forma nítrica.

La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo es un proceso bioquímico, en el que intervienen de una forma determinante los microorganismos del suelo, y transcurre a un ritmo relativamente lento: la tasa de mineralización anual suele ser del orden de 1-2%, principalmente en función de la textura del suelo. El nitrógeno amoniacal (NH_4^+) al ser un catión (ion con carga positiva), puede ser retenido por el complejo arcillohúmico del suelo, resultando, por ello, de baja movilidad en el suelo; en cambio, el nitrógeno nítrico (NO_3^-) al tratarse de un anión (ion con carga negativa), no puede ser retenido por el complejo arcillohúmico, propiedad que le confiere una alta movilidad en el suelo, siendo muy susceptible a ser lavado (lixiviado) por el agua de drenaje, generada por el riego o la lluvia.

Fósforo

Este nutriente desempeña un papel fundamental en la nutrición vegetal. Interviene en los procesos metabólicos de transferencia de energía como el metabolismo de los azúcares, y en la síntesis de los ácidos nucleicos. Y como consecuencia de estas funciones, el fósforo ejerce una acción estimuladora del desarrollo radicular, de la floración y el desarrollo de los frutos.

La deficiencia de fósforo no es frecuente en plantaciones comerciales de caqui en la Comunitat Valenciana. No obstante, las plantas con deficiencia de este nutriente presentan una baja floración y un retraso en la maduración de los frutos. Y las hojas con deficiencia en fósforo pasan de un color verde oscuro a un color bronceado, y también suele aparecer una coloración rojo-púrpura. El tamaño de las hojas jóvenes se reduce y suele haber una caída prematura de las mismas durante el otoño (George y col., 2005).

Un exceso de fósforo puede afectar a la absorción de algunos nutrientes como el cinc y el cobre. El fósforo del suelo es absorbido por las raíces de las plantas, principalmente en la forma de fósforo soluble al agua y su disponibilidad por las plantas es altamente dependiente del pH del suelo. En los suelos que tienen un pH ácido, los fosfatos solubles suelen formar compuestos insolubles de hierro, aluminio y magnesio, pero en los suelos básicos, normalmente calizos, los fosfatos aportados con la fertilización se transforman fácilmente en fosfatos de calcio, insolubles. De ahí que la eficiencia de los fertilizantes fosfatados en el primer año de la aplicación sea muy baja en los suelos calcáreos (5-20%). No obstante la fracción de fósforo que sufre una retrogradación en el suelo tras su aportación al suelo, posteriormente experimentará una solubilización lenta en el suelo, contribuyendo a ir reponiendo la reserva de fósforo soluble a medida que éste vaya siendo absorbido por los cultivos en los años siguientes.

Por otra parte, indicar que a diferencia del nitrógeno nítrico, el fósforo aportado con los fertilizantes es muy poco móvil en el suelo, por lo que suele acumularse en la capa superficial de suelo. De ahí la conveniencia de localizar los fertilizantes fosforados en las proximidades del sistema

radicular para facilitar su absorción por las plantas. Con la fertirrigación se logra una mayor movilidad del fósforo en el suelo y por tanto una mejora en su asimilabilidad.

Potasio

A diferencia de lo que sucede con el nitrógeno y el fósforo, el potasio no forma parte de ningún compuesto orgánico conocido, manteniéndose en forma iónica en el interior de las células vegetales. El potasio desempeña una función importante en algunos procesos del metabolismo vegetal como la fotosíntesis y la síntesis de los hidratos de carbono. Y tiene también un papel relevante como regulador iónico en el proceso de la transpiración. La deficiencia de potasio no es fácilmente detectable por su sintomatología visual. En cualquier caso, la deficiencia de este nutriente se manifiesta principalmente en las hojas viejas, que muestran una necrosis en los bordes, precedida de una clorosis internervial. La deficiencia de potasio en las plantaciones de caqui puede afectar al cuajado, disminuir el tamaño de los frutos y reducir el rendimiento (George y col., 2005).

Las aportaciones excesivas de fertilizantes potásicos pueden generar aumentos en el tamaño de los frutos y rendimientos elevados, pero la conservación de los frutos puede resultar afectada en aquellos suelos que tienen un nivel bajo de calcio asimilable debido al conocido antagonismo del potasio sobre la absorción del calcio. El potasio es absorbido por las plantas en forma iónica (K^+) a partir de la solución del suelo y, en algunos casos, también directamente del retenido en el complejo arcillo-húmico. Y la suma de estas porciones de potasio constituyen la fracción asimilable o disponible por las plantas.

Por otra parte, el potasio contenido en los minerales del suelo que originan las partículas de arcilla constituye la reserva de potasio más cuantiosa (del orden de toneladas por hectárea), pero dada su baja solubilidad resulta de muy difícil asimilabilidad para las plantas. No obstante, con el transcurso del tiempo, una parte considerable del potasio contenido en

estos compuestos insolubles puede solubilizarse a través de reacciones de hidrólisis, contribuyendo a reponer parcialmente el potasio del suelo que absorben las raíces de las plantas.

Magnesio

La principal función de este nutriente es ser un constituyente de la clorofila. Interviene en la síntesis de carotenos y xantofilas. También actúa como activador de las enzimas. La deficiencia de magnesio se caracteriza por una clorosis en los márgenes de las hojas, permaneciendo de color verde una franja formando una “v” invertida a lo largo del nervio central. Esta deficiencia se manifiesta generalmente en las hojas viejas, debido a la alta movilidad en la planta. En los casos de deficiencias severas, la clorosis puede afectar a toda la hoja y provocar una caída prematura de las mismas.

El magnesio es absorbido por las plantas en forma iónica (Mg^{2+}). Las fuentes directas del magnesio asimilable para las plantas son dos fracciones particulares: la propia solución del suelo (fracción soluble) y la de cambio, constituida por el magnesio retenido en el complejo arcillo-húmico, y ambas fracciones se encuentran en equilibrio dinámico. Y por otra parte, el magnesio insoluble, se encuentra formando parte de los minerales magnésicos del suelo, es la fracción más abundante y a pesar de su baja asimilabilidad, puede contribuir también a reemplazar una parte del magnesio absorbido por las raíces de las plantas.

Además de la importante reserva de magnesio en el suelo, es el segundo catión más abundante en el complejo de cambio, hay otras fuentes importantes de este nutriente, como son el agua de riego y las enmiendas y abonos orgánicos. En las plantaciones de caqui de la Comunitat Valenciana regadas con aguas de pozo no suele ser necesaria la aplicación de fertilizantes magnésicos. La deficiencia de magnesio suele predominar en suelos arenosos, en los que el magnesio se lava fácilmente, y también en los suelos calizos, debido al antagonismo del calcio sobre el magnesio, y en los suelos con niveles muy altos de potasio, por el fuerte antagonismo del potasio sobre el magnesio.

Calcio

Este nutriente tiene una gran importancia en algunas funciones fisiológicas como la división celular, el desarrollo del polen, la senescencia, y la formación de las membranas celulares. El calcio es absorbido de forma pasiva (proceso que no precisa consumo energético) por la porción apical de las raíces. El movimiento del calcio en las plantas tiene lugar principalmente a través del xilema por la corriente transpiratoria, siendo muy reducida la translocación a través del floema, circunstancia por la cual el calcio no se moviliza fácilmente a partir de las hojas viejas durante la senescencia, y asimismo el contenido de calcio en los frutos suele ser bajo debido a que el suministro de los nutrientes a los tejidos constitutivos del fruto se realiza a través del floema, y por esta misma razón el contenido de calcio en los frutos del caqui muestran una correlación muy baja con el contenido de calcio foliar (George y col., 2003).

La deficiencia de calcio aparece en primer lugar en las hojas jóvenes, que suelen mostrar una deformación y clorosis típica. En los casos graves puede provocar una necrosis en el ápice de las hojas, desecación de las puntas de las ramas y defoliaciones, circunstancias que pueden provocar una disminución de la producción. Además, la deficiencia de calcio puede afectar negativamente a la calidad de los frutos, generando frutos con menor firmeza y peores condiciones para la conservación y tratamientos poscosecha.

El calcio es muy abundante en el suelo. De los cuatro cationes (calcio, magnesio, potasio y sodio) principales del complejo arcillo-húmico, el calcio es el más importante. Este nutriente, al igual que los otros cationes del complejo de cambio puede encontrarse en diferentes formas: disuelto en el agua de la solución del suelo, retenido por el complejo arcillo-húmico y formando parte de minerales de calcio insolubles. El calcio es absorbido del suelo en forma iónica (Ca^{2+}) a partir de la fracción soluble, que es fácilmente asimilable. Pero el calcio adsorbido en el complejo de cambio puede ser desplazado a la solución del suelo por iones de hidrógeno (H^+)

(en los suelos ácidos) u otros cationes (Mg^{2+} , K^+ y Na^+) (en los suelos básicos), y convertirse en forma asimilable por las raíces de los cultivos. Al igual que sucede con el magnesio, la aportación de calcio por otras fuentes distintas a los productos fertilizantes es muy considerable a través del agua de riego, particularmente las procedentes de pozos, y mediante enmiendas y abonos orgánicos.

Azufre

Este nutriente es un constituyente de algunos aminoácidos (cisteína y metionina), y por consiguiente forma parte de algunas enzimas, vitaminas y aceites esenciales. La deficiencia de azufre se caracteriza por un amarilleamiento o clorosis de las hojas que se inicia en las más jóvenes, debido a su baja movilidad en los tejidos vegetales, aspecto que le diferencia de la deficiencia de nitrógeno que se suele iniciar en las hojas viejas. La deficiencia de azufre es poco relevante en la Comunitat Valenciana.

El azufre es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ion (SO_4^{2-}) a partir de la solución del suelo y, al igual que el nitrato, puede ser lavado fácilmente en el suelo mediante el agua de drenaje. Las fuentes principales de azufre para las plantas son: la materia orgánica del suelo, el agua de riego, los fertilizantes minerales (sulfato amónico, nitrosulfato amónico, superfosfato de cal, sulfato potásico, epsomita, etc.), las enmiendas y abonos orgánicos, algunos productos fitosanitarios, el agua de precipitación (lluvia ácida), algunas emisiones gaseosas, etc.

Hierro

Este micronutriente no es un constituyente de la clorofila, pero debido a que forma parte de algunos compuestos transportadores de electrones (ferredoxina y citocromos), desempeña un papel fundamental en la fotosíntesis y respiración de las plantas. La deficiencia de hierro se caracteriza por la coloración amarillenta (clorosis) que adquieren las hojas de los brotes jóvenes, excepto los nervios que permanecen verdes (Fig. 7.1).

Debido a la baja movilidad del hierro en los tejidos vegetales, su carencia suele manifestarse principalmente en las hojas jóvenes.

El hierro es absorbido del suelo por la zona apical de las raíces, por lo que es fundamental un continuo desarrollo de nuevas raíces. Puede ser absorbido en forma de ión (Fe^{2+}) o en forma de quelatos. A pesar de que los minerales de hierro son de los compuestos más abundantes en el suelo, alrededor del 5% de la corteza terrestre, en muchos casos se produce una clorosis férrica inducida por diferentes circunstancias que propician una baja asimilabilidad en el suelo o una baja movilidad en la planta. Entre los factores que inducen una clorosis férrica cabe destacar los siguientes:

- Altos niveles de caliza en el suelo.
- Contenidos altos del ion bicarbonato en el agua de riego.
- Suelos de pH muy alto.

Figura 7.1. Árbol de caqui afectado por clorosis férrica.



- Exceso de humedad en el suelo por exceso de riego o mal drenaje.
- Temperaturas del suelo extremas (bajas o altas).
- Altos contenidos de micronutrientes antagonistas (manganeso, cobre, calcio, magnesio, potasio y cinc).
- Alta incidencia de nematodos en el suelo.
- Desarrollo inadecuado del sistema radicular.

Manganeso

Este micronutriente interviene en varios procesos importantes como la fotosíntesis y el metabolismo de las proteínas e hidratos de carbono. La absorción del manganeso por las raíces de las plantas se realiza principalmente en forma de ion divalente (Mn^{+2}), pero en los suelos suele aparecer en forma de óxido de Mn^{3+} y Mn^{4+} (Mn_2O_3 , MnO_2 , etc.), y la transformación de una forma a otra está regulada por reacciones de óxido-reducción. De ahí que la disponibilidad del manganeso resulte condicionada por las características edáficas, principalmente, el pH, la materia orgánica y la humedad. Y por tanto la deficiencia de manganeso esté asociada en muchos casos a suelos con valores de pH muy altos y niveles elevados de materia orgánica.

La deficiencia de manganeso se caracteriza por la aparición de unas bandas de color amarillento internerviales que se extienden desde el nervio central, que mantiene el color verde oscuro, hasta los bordes de las hojas (Fig. 7.2). Esta clorosis se manifiesta en las hojas jóvenes de la brotación de primavera. Debido a la coloración jaspeada que presentan las hojas del



Figura 7.2. Hojas afectadas por una deficiencia de manganeso.

caqui, en la Comunitat Valenciana, esta deficiencia nutricional es conocida coloquialmente con el nombre de “jaspeat”. El cultivo del caqui es bastante sensible a la carencia de manganeso. Hace unos pocos años esta deficiencia nutricional estaba bastante generalizada en las explotaciones de caqui de la ribera del Júcar, pero en los últimos años la aplicación bastante generalizada de correctores de manganeso vía foliar o con el agua de riego ha conseguido paliar en gran medida esta alteración nutricional.

Cinc

Este nutriente es un componente de un gran número de enzimas. Interviene en la síntesis de las hormonas como el ácido indol acético (AIA), y en la síntesis de las proteínas. La deficiencia de cinc se caracteriza por la aparición de una clorosis internervial y un acortamiento de los entrenudos. En los estados graves, las hojas jóvenes son pequeñas, estrechas y se suelen agrupar en forma de racimos (rosetas) en el extremo de los brotes.

En el suelo, la mayor parte del cinc se encuentra formando parte de algunos minerales, y sólo una pequeña parte es adsorbida en el complejo arcillo-húmico en forma iónica (Zn^{2+}). Al igual que en los otros micronutrientes, la disponibilidad del cinc resulta altamente dependiente del pH del suelo. Asimismo el cinc puede formar complejos con algunos compuestos orgánicos del suelo que en unos casos pueden contribuir a aumentar la solubilidad para las raíces de las plantas, pero en otros casos pueden agravar los síntomas de deficiencia. También se ha constatado que la carencia de cinc es más frecuente en los suelos arenosos que en los arcillosos.

Cobre

Una gran parte del cobre contenido en las plantas se localiza en los cloroplastos y también formando parte de las enzimas. De ahí que tenga un papel relevante en procesos como la fotosíntesis y el metabolismo de las proteínas e hidratos de carbono. La deficiencia de cobre se manifiesta principalmente en una clorosis internervial en las hojas jóvenes, acompa-

ñada de un reducido desarrollo y deformación de las mismas. Esta carencia nutricional suele agravarse cuando se realizan altas aportaciones de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y de cinc. En las parcelas comerciales de caqui de la Comunitat Valenciana no suelen aparecer síntomas de esta deficiencia nutricional, ya que las necesidades del cultivo son muy bajas y pueden ser cubiertas con la provisión del suelo, las enmiendas y abonos orgánicos.

En el suelo el cobre se presenta principalmente en forma de catión divalente (Cu^{2+}), que puede estar fuertemente retenido en el complejo arcillo-húmico, por lo que la fracción soluble en agua es baja y su movilidad por lavado también es reducida. Mediante la acidificación del suelo se consigue aumentar la solubilidad del cobre, y en cuanto a la aplicación de materias orgánicas, los efectos en la absorción del cobre son algo imprevisibles, ya que en unos casos aumenta, pero en otros disminuye.

Boro

El boro interviene en la síntesis de las proteínas, el transporte de los hidratos de carbono y el metabolismo hormonal. De ahí que este nutriente desempeñe un papel fundamental en el desarrollo de los tejidos meristemáticos, de crecimiento activo como los brotes y la parte apical de las raíces. El boro también afecta a la absorción del calcio por las raíces de las plantas.

Al igual que el calcio, el boro se moviliza en las plantas únicamente a través del xilema mediante el flujo de la transpiración. De ahí que se comporte como un elemento poco móvil en la planta. La mayor parte del boro se encuentra en forma de compuestos insolubles, que no resultan asimilables por el sistema radicular de las plantas. Por contra, la fracción de boro existente en la solución del suelo, aunque es relativamente pequeña es fácilmente aprovechable por las plantas.

La deficiencia de boro provoca un retraso en el desarrollo vegetativo que puede causar seca de los brotes extremos, enrollamiento de los bordes de

Figura 7.3. Hojas y brotes de caqui 'Rojo Brillante' afectados por una deficiencia de boro.



las hojas y pérdida de yemas (Fig. 7.3). Y en los casos graves puede aparecer agrietamiento en la corteza de las ramas, así como deformaciones en los frutos, con formas irregulares y agrietados. Una particularidad del boro respecto a otros micronutrientes es la existencia de un estrecho margen entre el nivel de deficiencia y el de toxicidad.

Cloro

Es un elemento que se encuentra en las aguas de riego y en el suelo en forma de ion cloruro (Cl⁻). Y se caracteriza porque puede ser absorbido fácilmente por las raíces. Y debido a que se presenta en forma aniónica no es retenido por el complejo de cambio, por lo que puede lavarse fácilmente en el suelo mediante el agua de drenaje.

A tenor de que las necesidades de cloro por los cultivos son relativamente pequeñas, no se suelen presentar síntomas de deficiencia. En cambio, sí

que pueden presentarse casos de toxicidad cuando se producen acumulaciones excesivas de iones cloruro, ya que el cultivo de caqui al igual que otros frutales como el melocotonero, nectarino y ciruelo, es muy sensible a los compuestos salinos que contienen cloruros. Los síntomas de toxicidad por cloruros muestran una necrosis en los bordes de las hojas (Fig. 7.4) y provocan una disminución en el rendimiento y tamaño de los frutos, así como un adelanto en la maduración. La toxicidad por cloruro en plantaciones de Australia se manifiesta a niveles superiores a 0,8% en hojas tomadas en el cuajado de los frutos (George y col., 2005); en cambio, en la Comunitat Valenciana nuestro grupo ha encontrado que las hojas con síntomas acusados de toxicidad presentaban niveles de cloruros superiores a 1,5% en muestras tomadas en septiembre-octubre.

La fitotoxicidad por cloruro en el caqui se produce principalmente cuando el agua de riego tiene una concentración inadecuada para este cultivo (con-

Figura 7.4. Toxicidad por un exceso de cloruro en hojas de caqui.



Figura 7.5. Aspecto de árboles de caqui 'Rojo Brillante' injertados sobre *Diospyros lotus* (izquierda) y *D. virginiana* (derecha) en una parcela con problemas de exceso de cloruros.



tenidos de cloruro superiores a 3 meq/L). No obstante, esta fitotoxicidad puede ser causada también por otras circunstancias desfavorables como la aplicación de fertilizantes que contienen altos niveles de cloruro (cloruro potásico, algunos complejos, etc.), la presencia de suelos compactos con un mal drenaje o un manejo inadecuado del riego (dosis insuficiente de agua, omisión de riegos de lavado, etc.). A partir de un estudio realizado por nuestro grupo hemos constatado una diferencia muy marcada entre los patrones de caqui (*D. lotus* y *D. virginiana*) en cuanto a la tolerancia a cloruro, siendo el patrón *D. virginiana* mucho más tolerante que el *D. lotus* (Fig. 7.5).

7.2. NECESIDADES NUTRICIONALES DEL CAQUI

Las necesidades de nutrientes que tienen los cultivos agrícolas en general son enormemente variables, debido a las diferencias inherentes a la especie, variedad, patrón, condiciones edafo-climáticas, marco de plantación, sistema de riego, estado sanitario, etc.

El cultivo del caqui al igual que los restantes cultivos frutales necesita disponer de una cantidad de nutrientes a lo largo del ciclo vegetativo suficiente para atender:

- La producción de la cosecha.
- El desarrollo de los nuevos órganos vegetativos: raíces, tallos, brotes y hojas.
- El crecimiento de los órganos viejos y permanentes: tronco y ramas.

En la mayoría de las parcelas de caqui, la capacidad del suelo para suministrar los nutrientes necesarios para lograr una producción y crecimiento adecuados, es insuficiente. De ahí la necesidad de aplicar periódicamente planes de abonado racional con vistas a lograr un estado nutricional óptimo. La extracción de nutrientes por los frutos de caqui 'Rojo Brillante' en base a los resultados analíticos obtenidos en nuestro laboratorio son: 0,85 kg de N/t de producción, 0,39 kg P_2O_5 /t de producción y 1,42 kg K_2O /t de producción.

Tabla 7.1. Extracciones anuales de una planta de caqui en plena producción.

<i>Nutriente</i>	<i>Extracción (g/árbol)</i>
N	501,87
P_2O_5	103,63
K_2O	436,31
CaO	508,81
MgO	95,41

Tsumita (1968) citado por Natali y Bignani (1988).

Respecto a las extracciones de nutrientes que realizan las plantas de caqui, en la Tabla 7.1 se muestran los valores obtenidos en uno de los primeros trabajos realizados en este tema en Japón por Tsumita (1968), citado por Ragazzini (1985). En otro trabajo realizado en las condiciones de cultivo de la Ribera de Júcar (Ferrer, 2009), se obtuvieron las extracciones de nutrientes generadas por los frutos y las hojas caídas en la senescencia, cuyos

resultados se indican en la Tabla 7.2. Estos resultados ponen de manifiesto la elevada contribución de las hojas en la extracción total de nutrientes que realiza el árbol del caqui durante el ciclo vegetativo y el gran interés que tiene la incorporación al suelo de las hojas del caqui con vistas a reciclar los nutrientes extraídos por el arbolado y reducir así las necesidades en fertilización del cultivo. Este mismo autor estima para árboles adultos de caqui 'Rojo Brillante' en plena producción unas extracciones de 160 kg de N/ha, 39 kg P₂O₅/ha y 212 kg K₂O/ha.

Tabla 7.2. Extracción por diferentes órganos del caqui 'Rojo Brillante'

<i>Material</i>	<i>kg/ha</i>		
	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>
Frutos	61,4	25,6	70,3
Hojas caídas	83,2	10,9	135,7
Total	144,6	36,5	206,0

Ferrer (2009)

Por otra parte, nuestro grupo (Climent, 2002) realizó un estudio de fertilidad del suelo y fertilización en plantaciones adultas de caqui 'Rojo Brillante' con riego por inundación durante 1999 y 2000. Se obtuvieron las dosis de fertilización medias aplicadas en el grupo de parcelas más productivas, con una cosecha superior a la media, y otras menos productivas, con una cosecha inferior a la media, que se muestran en la Tabla 7.3. Como se puede observar, las dosis medias de fertilización aplicadas fueron similares en ambos grupos de parcelas, las más y las menos productivas. Esto pone de manifiesto que para lograr unos buenos resultados productivos, además de aplicar una fertilización adecuada se requiere que no haya ninguna limitación en los restantes factores de la producción: calidad y manejo del suelo, riego, sanidad del material vegetal, etc.

Tabla 7.3. Dosis medias de fertilizantes minerales aplicados en plantaciones de caqui con riego por inundación durante las campañas 1999 y 2000 en la Ribera del Júcar (Valencia).

Tipo de parcelas	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (Kg P_2O_5 /ha)	Potasio (kg K_2O /ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
Parcelas más productivas: rendimiento medio 58 t/ha	234	79	84	34
Parcelas menos productivas: rendimiento medio 31 t/ha	231	88	102	19

Climent (2002). Valores medios de las dos campañas

7.3. PERIODOS CRÍTICOS RESPECTO A LA NUTRICIÓN

Para conseguir un aprovechamiento eficiente de los fertilizantes y unos óptimos resultados en producción y calidad de la cosecha, es de crucial importancia una adecuada sincronización entre las necesidades de los árboles y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por tanto, las épocas más adecuadas para aportar los fertilizantes estarán relacionadas con los periodos de máximas necesidades nutricionales de las plantas.

El período de marzo hasta junio se caracteriza por unas elevadas necesidades de nutrientes necesarias para la brotación, la floración y el cuajado de los frutos. Pero una parte importante de estos nutrientes proceden de las reservas acumuladas en árbol (raíces, tronco y ramas) en la campaña anterior, por lo que la fertilización se puede iniciar en torno al mes de marzo. En este período es conveniente aportar una parte considerable de las necesidades de nitrógeno, fósforo, y una porción menor del potasio y magnesio. Se deben evitar aplicaciones excesivas de nitrógeno que puedan afectar negativamente a la floración o al cuajado y caída de los frutos.

De julio hasta septiembre es también un período de altas necesidades de nutrientes requeridas para el crecimiento (engorde) de los frutos. Este periodo es el de máximas necesidades en potasio, si bien las necesidades de los otros nutrientes son también importantes. Deben evitarse las aplicaciones excesivas, particularmente, de nitrógeno y de potasio. Un

exceso de nitrógeno puede aumentar la caída de frutos, retrasar la maduración, disminuir la cantidad de sólidos solubles (azúcares). Un exceso de potasio puede disminuir la absorción de calcio, lo que puede afectar a la firmeza de los frutos o a la conservación de los mismos. Asimismo no es conveniente aplicar fertilizantes, particularmente nitrogenados, en fechas próximas a la recolección, porque puede repercutir en un empeoramiento de la calidad, excepto cuando se desee retrasar la maduración de los frutos (Agustí y col., 2004).

Desde la recolección hasta la caída de las hojas (senescencia) se produce una intensa translocación de los nutrientes esenciales desde las hojas hasta los órganos de reserva (principalmente raíces). Por lo que en los casos de plantaciones que se recolecten en épocas tempranas, puede convenir aplicar una pequeña aportación de fertilizantes (principalmente nitrogenados, fosforados y potásicos) con vistas a favorecer la generación de reservas nutricionales en las raíces, ramas y tronco. La translocación de los nutrientes desde las hojas a los órganos de reserva es mayor cuanto más se retrasa la caída (senescencia) de las mismas.

7.4. PLANES ORIENTATIVOS DE FERTILIZACIÓN

El programa de abonado de una plantación de caqui, al igual que de cualquier cultivo, debe realizarse teniendo en cuenta las circunstancias particulares de cada parcela. De ahí que sea conveniente siempre establecer los planes de fertilización a la carta, adecuados a las características agronómicas de cada parcela o explotación. No se deben extrapolar los planes de abonado adecuados para una zona determinada de cultivo a otra zona con diferencias agronómicas considerables. E incluso resulta imposible establecer un plan de fertilización general que sea adecuado para una zona de cultivo determinada. Así pues, cualquier plan de fertilización debe considerarse siempre orientativo, susceptible de una progresiva modificación en base a la respuesta del cultivo (en rendimiento, calidad de la cosecha, desarrollo vegetativo) y a los resultados de los posibles métodos de evaluación del estado nutricional (análisis foliar, análisis del suelo, etc.).

Debido a su consideración de cultivo secundario, en el cultivo del caqui se han realizado pocos trabajos de investigación orientados hacia el estudio de sus exigencias nutricionales. Por otra parte, en los ensayos de fertilización del caqui realizados principalmente en Japón, Australia y Nueva Zelanda se han realizado con variedades distintas al 'Rojo Brillante', que es la predominante en nuestro país. No obstante, en base a los trabajos realizados por nuestro grupo, proponemos en el cultivo del caqui algunas dosis orientativas de fertilización.

7.4.1. Fertilización de preplantación

Consiste en el abonado que se realiza en las labores preparatorias antes de la plantación y sirve para corregir posibles estados deficitarios de algunos parámetros determinantes de la fertilidad del suelo, principalmente bajos contenidos de materia orgánica o niveles bajos de fósforo, potasio o magnesio asimilables. Obviamente, la dosis de productos fertilizantes adecuada para este tipo de abonado dependerá de la fertilidad del suelo de la parcela o explotación. No obstante, a tenor de que el caqui es un cultivo que responde muy bien en los suelos bien provistos de materia orgánica, es conveniente aportar antes de la plantación alguna enmienda orgánica a una dosis de 30-40 t/ha de estiércol o producto similar bien estabilizado. Y en los casos en que el suelo presente unos niveles bajos de fósforo y potasio asimilables, conviene aportar también una cierta cantidad de fertilizantes fosfatados y potásicos (100-200 kg P_2O_5 /ha y 200-400 kg K_2O /ha).

7.4.2. Fertilización de formación

Durante el periodo de formación del arbolado será conveniente aportar anualmente una dosis de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, condicionada por el abonado que se haya aportado antes de la plantación y por las características de la plantación. A este respecto, se puede indicar que cuando se haya realizado un abonado de fondo no será necesario aplicar fertilizantes durante el primer año de la plantación. A continuación se exponen unas dosis orientativas de fertilización durante el periodo de formación de los árboles de caqui:

En el riego localizado (goteo)

- Nitrógeno (N): 30-40 g/árbol/número de años de la plantación.
- Fósforo (P₂O₅): 15-20 g/árbol/número de años de la plantación.
- Potasio (K₂O): 25-30 g/árbol/número de años de la plantación.

En el riego por inundación (manta)

- Nitrógeno (N): 40-50 g/árbol/número de años de la plantación.
- Fósforo (P₂O₅): 20-25 g/árbol/número de años de la plantación.
- Potasio (K₂O): 30-35 g/árbol/número de años de la plantación.

7.4.3. Fertilización para árboles adultos

En la Tabla 7.4 se indican las dosis de fertilización para plantaciones de caqui 'Rojo Brillante' en plena producción, en suelos de fertilidad media y según los sistemas de riego habituales en la Comunitat Valenciana. Cabe señalar que estas dosis de fertilizantes propuestas son meramente orientativas, por lo que como ya se ha indicado anteriormente el plan de abonado debe ajustarse en cada caso a las condiciones agronómicas de la plantación en función del rendimiento previsto, la riqueza del suelo en nutrientes asimilables, el aporte de nutrientes (nitratos, potasio, magnesio y calcio) por el agua de riego, y los nutrientes aplicados con enmiendas y abonos orgánicos. Además, se debe tener en cuenta la gestión que se realice con las hojas caídas después de la senescencia, así cuando estas se retiren de la parcela por motivos fitosanitarios se deberá aplicar una dosis complementaria de potasio, en torno a 60 kg K₂O/ha.

Tabla 7.4. Dosis orientativas de fertilización del caqui en la Comunitat Valenciana para suelos de fertilidad media.

Sistema de riego	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (Kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
Riego a manta	200 – 300	80 – 120	120 – 150	20 - 30
Riego por goteo	170 – 250	60 – 90	120 – 150	20 -30

7.5. FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN

El fraccionamiento de la fertilización en las plantaciones de caqui con riego a manta depende del tipo del tipo de suelo en relación a la textura (arenosa, franca o arcillosa) y también de la riqueza en carbonato cálcico, es decir según se trate de suelos calizos o no calizos. A modo de orientación cabe indicar que en Italia se recomienda la aplicación del nitrógeno de forma progresiva desde el final del reposo vegetativo (febrero) hasta la primavera (mayo-junio), seguida de una pequeña aportación al inicio del otoño, pero procurando que no provoque un excesivo vigor en la planta. Esta segunda aplicación puede realizarse junto con el fósforo y el potasio, para favorecer la última fase del desarrollo y la acumulación de reservas de nutrientes que faciliten el desarrollo vegetativo del año siguiente (Natali y Bignani, 1988).

Nuestro grupo propone como fraccionamiento orientativo tres aplicaciones de fertilizantes. La primera a mediados de marzo mediante un complejo N-P-K o N-P-K-Mg, la segunda con un fertilizante nitrogenado (nitríco-amoniacal) con magnesio y finalmente una tercera aplicación a base nitrato potásico, con una distribución de las unidades fertilizantes según se indica en la Tabla 7.5. En las plantaciones de caqui con riego por goteo se propone el fraccionamiento indicado en las Tablas 7.6, 7.7 y 7.8.

Tabla 7.5. Distribución de las unidades fertilizantes en plantaciones de caqui con riego a manta.

Época	Nitrógeno (N)	Fósforo (P_2O_3)	Potasio (K_2O)	Magnesio (MgO)
Mediados de marzo	40%	100%	50%	–
Mediados de mayo – principios de junio	40%	–	–	100%
Principios de agosto	20%	–	50%	–

Tabla 7.6. Distribución en porcentaje de los abonos en la fertirrigación del caqui con riego por goteo.

Mes	N Nitrógeno	P ₂ O ₅ Fósforo	K ₂ O Potasio	MgO Magnesio
Marzo	5	5	4	4
Abril	10	10	6	6
Mayo	15	15	8	8
Junio	20	20	12	12
Julio	20	20	25	25
Agosto	20	20	25	25
Septiembre	10	10	20	20

Tabla 7.7. Necesidades de nutrientes para el caqui en plena producción en riego por goteo en un suelo de fertilidad media.

Mes	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
Marzo	9	4	6	0,8
Abril	18	8	10	1,2
Mayo	27	12	12	1,6
Junio	36	16	18	2,4
Julio	36	16	37	5,0
Agosto	36	16	37	5,0
Septiembre	18	8	30	4,0
Total	180	80	150	20

Tabla 7.8. Fertirrigación en plantaciones de caqui adultos (kg/ha).

Mes	Nitrato amónico 34,5% N	Acido fosfórico 52% P ₂ O ₅	Nitrato potásico 13% N 46% K ₂ O	Epsonita 16% MgO
Marzo	21	8	13	5
Abril	45	15	20	8
Mayo	70	23	26	10
Junio	90	31	39	15
Julio	73	31	81	31
Agosto	73	31	81	31
Septiembre	26	16	65	25
Total	398	155	325	125

7.6. TIPOS DE FERTILIZANTES

En las plantaciones con riego por goteo, para la fertirrigación pueden utilizarse fertilizantes sólidos cristalinos o líquidos. Entre los sólidos se puede optar por productos simples, binarios o ternarios, tales como nitrato amónico, sulfato amónico, nitrato potásico, nitrato cálcico, fosfato monoamónico, fosfato potásico, sulfato potásico (epsonita), complejos de numerosas riquezas. Y entre los productos líquidos se puede optar por la solución N-32, ácido fosfórico, ácido nítrico, complejos NPK con diversas riquezas.

En las plantaciones con riego a manta se pueden utilizar fertilizantes convencionales (simples, binarios y complejos) o fertilizantes especiales de liberación lenta que aunque son de coste superior a los fertilizantes convencionales, los nutrientes que contienen son aprovechados de forma más eficiente por las plantas. Este tipo de fertilizantes son interesantes principalmente en suelos arenosos o gravosos y poco profundos con vistas a reducir la lixiviación de nitratos, debido al inhibidor de la nitrificación que contienen.

7.7. CORRECCIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES

7.7.1. Deficiencia de hierro

El caqui es muy sensible a la deficiencia de hierro (clorosis férrica), exigiendo la aplicación sistemática de correctores de hierro en los planes anuales de fertilización del cultivo. A tenor de la baja movilidad que presenta el hierro en las hojas del caqui, al igual que sucede en otros vegetales, no es recomendable la vía foliar para corregir esta deficiencia. El método más eficaz para la corrección de la clorosis férrica es por vía radicular, con dos variantes en función del sistema de riego: en las plantaciones con riego a manta, la práctica usual es inyectar al suelo en las proximidades de las copas de los árboles los correctores de hierro; mientras que en los casos de parcelas con riego por goteo, los correctores se pueden aplicar conjuntamente con el agua de riego.

La dosis de correctores de hierro dependerá de las condiciones de la plantación, particularmente en lo relativo a las características del suelo. Los correctores más eficaces son los que contienen el hierro en la forma EDD-HA orto-orto. Las dosis necesarias de correctores de hierro se estiman entre 0,50 y 1,00 kg de Fe/ha y la época de aplicación más conveniente es la primavera (marzo-junio).

7.7.2. Deficiencia de manganeso y cinc

El caqui es también muy sensible a la deficiencia de manganeso, presentando unas exigencias de este micronutriente superiores a las del cinc. A diferencia de lo que sucede con el hierro, la corrección del manganeso y cinc puede realizarse adecuadamente bien por vía foliar o por vía radicular. La eficacia de las aplicaciones foliares para aumentar el nivel de manganeso y cinc en las hojas de caqui la hemos constatado en varios experimentos de campo realizados por nuestro grupo, según se indica en los datos de las Tablas 7.9 y 7.10.

Tabla 7.9. Efecto de diferentes correctores nutricionales foliares en el contenido de manganeso en hojas de caqui 'Rojo Brillante' (muestreo en julio).

Tratamiento	Mn en hojas de caqui (ppm)		
	Benimodo 1	Benimodo 1	Benimodo 2
	2008	2009	2009
T1 (testigo)	41 a	46 a	31 a
T2 (Mn)	70 b	78 b	62 b
T3 (Mn + Zn)	70 b	83 b	61 b
T4 (Mn + Zn + Ca)	63 b	62 b	58 b
T5 (Mn + Zn + Ca + N)	66 b	77 b	60 b
T6 (Mn + Zn + Ca + P)	63 b	76 b	61 b

Mn: agroxilato Mn, dosis 750 g/1000 L

Zn: agroxilato Zn, dosis 750 g/1000 L

Ca: lanzadera Ca, dosis 3000 cc/1000 L

N : urea cristalina, dosis 4000 g/1000 L

P: green up, dosis 2500 cc/1000 L

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,05$.

Tabla 7.10. Efecto de diferentes correctores nutricionales foliares en el contenido de cinc en hojas de caqui 'Rojo Brillante' (muestreo en julio).

Tratamiento	Zn en hojas de caqui (ppm)		
	Benimodo 1 2008	Benimodo 1 2009	Benimodo 2 2009
T1 (testigo)	10 a	9 a	9 a
T2 (Mn)	10 a	12 a	10 a
T3 (Mn + Zn)	38 b	61 b	48 b
T4 (Mn + Zn + Ca)	34 b	57 b	46 b
T5 (Mn + Zn + Ca + N)	35 b	70 b	44 b
T6 (Mn + Zn + Ca + P)	35 b	71 b	39 b

Mn: agroxilato Mn, dosis 750 g/1000 L

Zn: agroxilato Zn, dosis 750 g/1000 L

Ca: lanzadera Ca, dosis 3000 cc/1000 L

N : urea cristalina, dosis 4000 g/1000 L

P: green up, dosis 2500 cc/1000 L

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,05$.

Los correctores de manganeso y cinc para aplicar vía foliar suelen ser compatibles con los fungicidas recomendados para el tratamiento contra la mancha foliar (*Mycosphaerella nawae* Hiura & Ikata). Por otra parte, en las plantaciones dotadas con riego por goteo pueden aplicarse los correctores de manganeso y cinc en forma líquida, a base de compuestos complejados con ácidos policarboxílicos y lignosulfatos, entre otros productos, que pueden ser absorbidos vía radicular.

Las aplicaciones de los correctores de manganeso y cinc conviene realizarlas durante la primavera, en las aplicaciones foliares se deben iniciar a partir del momento en que las hojas estén próximas a alcanzar un desarrollo completo, siendo conveniente realizar dos o tres aplicaciones con una separación de 15-20 días; y en las aplicaciones vía radicular, con el agua de riego, conviene aplicarlas simultáneamente con los fertilizantes del plan de fertirrigación, durante el periodo de marzo a mayo.

7.8. METODOS DE DIAGNÓSTICO PARA EVALUAR EL ESTADO NUTRICIONAL DEL CULTIVO

El conocimiento del estado nutricional, que presentan las plantaciones de caqui es de gran interés tanto para el establecimiento de los planes de fertilización como para evaluar la respuesta del cultivo al plan de abonado aplicado. Entre los métodos de diagnóstico del estado nutricional de las plantas los más utilizados son: a) la observación de los síntomas visuales del arbolado, b) el análisis foliar, y c) el análisis del suelo.

7.8.1. Síntomas visuales

Los síntomas visuales que manifiestan las plantas tales como clorosis, deformaciones, exceso o déficit en el desarrollo vegetativo, necrosis o quemaduras, etc., pueden ser causados en bastantes casos por desequilibrios nutricionales bien por una deficiencia o un exceso de algún nutriente. En muchos casos, los síntomas visuales pueden ser diagnosticados por profesionales con bastante experiencia. No obstante, este método de diagnóstico, al ser totalmente cualitativo y por tanto subjetivo, presenta algunas limitaciones destacables como son:

- La posibilidad de que se hayan producido efectos perjudiciales en el cultivo antes de la aparición de los síntomas externos.
- La presencia simultánea de varias alteraciones nutricionales simultáneas que pueden generar unos síntomas externos diferentes a los característicos de un nutriente determinado.
- La imposibilidad de evaluar las interacciones entre nutrientes como el antagonismo del potasio sobre el magnesio y el calcio.
- En ocasiones la presencia de agentes patógenos (hongos, etc.) o la realización de técnicas de cultivo inadecuadas (herbicidas, asfixia radicular, poda en verde, etc.) pueden causar síntomas visuales similares a los causados por desequilibrios nutricionales.
- Al tratarse de un método cualitativo no permite cuantificar las necesidades en fertilizantes que tiene el cultivo.

7.8.2. Análisis foliar

El análisis foliar o más genéricamente el análisis de cualquier parte de la planta (hojas, peciolas, frutos, flores, raíces, savia, etc.) se emplea como indicador del estado nutricional y guía para la recomendación de fertilización. Se basa en que la concentración de un nutriente en la planta o en alguno de sus órganos es un valor que integra el conjunto de los factores implicados en la nutrición vegetal, y que a su vez son determinantes del desarrollo del cultivo. Con objeto de lograr la máxima utilidad del análisis foliar en el diagnóstico nutricional, se deben tener en cuenta los siguientes puntos básicos:

Tabla 7.11. Contenido de nutrientes en hojas de caqui ‘Rojo Brillante’ en Valencia en función de la época del muestreo foliar (valores medios de cinco parcelas).

Nutriente	Época del muestreo					
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Nitrógeno (%)	2,41	2,21	2,04	1,92	1,74	1,63
Fósforo (%)	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Potasio (%)	1,27	1,62	1,57	1,45	1,11	0,84
Calcio (%)	0,83	1,31	1,73	2,71	2,84	3,20
Magnesio (%)	0,37	0,50	0,63	0,82	0,84	0,90
Azufre (%)	0,25	0,23	0,25	0,24	0,23	0,20
Hierro (ppm.)	67	187	57	37	53	53
Cobre (ppm.)	8,6	7,0	5,0	3,2	3,8	5,8
Manganeso (ppm.)	99	99	145	140	138	177
Cinc (ppm.)	30	30	34	30	28	32
Boro (ppm.)	13,8	13,5	20,1	29	30,9	36,8
Cloro (%)	0,45	0,64	0,82	1,05	1,39	1,44
Sodio (%)	0,039	0,023	0,044	0,050	0,031	0,045

Época de muestreo

A tenor de que las concentraciones de nutrientes en las hojas del caqui sufren una gran variación en función de la época del muestreo (Tabla 7.11), el muestreo de las mismas para el diagnóstico nutricional debe realizarse en una época en que estos sean estables. No existe unanimidad entre los diferentes autores para el establecimiento de la época adecuada del muestreo foliar. En Japón, Corea del Sur y Nueva Zelanda se recomienda realizar el muestreo uno o dos meses antes de la recolección (George y col., 2005). En Australia proponen dos épocas adecuadas de muestreo: en el cuajado de los frutos y un mes antes de la recolección (George y col., 2005). En la Comunitat Valenciana, los trabajos realizados por nuestro grupo (Climent, 2002; Albiach y col., 2012) indican que de julio a septiembre es un periodo de estabilidad en el contenido de nutrientes y, por tanto, adecuado para realizar el muestreo foliar en nuestras condiciones de cultivo. Sobre la base a estos resultados y otros más recientes, nuestra preferencia es efectuar el muestreo foliar en julio, con el fin de poder corregir posibles deficiencias nutritivas en la misma campaña sin tener que esperar a la siguiente.

Posición de las hojas en los brotes

La concentración de nutrientes en las hojas puede variar considerablemente según la posición de las mismas en las ramillas (brindilla). Así Rehalia y Sandhu (2005) encontraron considerables diferencias nutricionales en función de la posición de las hojas: basales, intermedias y apicales. Asimismo la presencia de frutos en las ramillas también puede influir en la concentración de nutrientes en las hojas; no obstante, los resultados obtenidos en el cultivo del caqui por nuestro grupo indican que las diferencias en el contenido nutritivo de las hojas situadas en brotes con frutos y sin frutos son de poca entidad (Tabla 7.12). En plantaciones de Nueva Zelanda otros autores obtuvieron resultados similares (Clark y Smith, 1990).

Tabla 7.12. Efecto de la posición de las hojas en el contenido de nutrientes en hojas de caqui 'Rojo Brillante' (muestreo en julio, valores medios de cinco parcelas).

<i>Nutriente</i>	<i>Brotos con fruto</i>	<i>Brotos sin fruto</i>
Nitrógeno (%)	2,04 a	2,04 a
Fósforo (%)	0,114 a	0,128 b
Potasio (%)	1,57 a	1,71 a
Calcio (%)	1,73 a	1,84 a
Magnesio (%)	0,63 a	0,65 a
Azufre (%)	0,25 a	0,26 a
Hierro (ppm)	57 a	49 a
Cobre (ppm)	5,0 a	4,2 a
Magnesio (ppm)	145 a	123 a
Cinc (ppm)	34 a	30 a
Boro (ppm)	20 a	26 a
Cloro (%)	0,82 a	0,74 a
Sodio (%)	0,044 a	0,047 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,05$.

Influencia de la variedad y el patrón

Tanto en cultivos herbáceos como leñosos, la concentración de nutrientes en las hojas puede resultar afectada por el tipo de variedad y patrón utilizado. No obstante en estudios realizados por algunos autores (George y col., 1995; Kaplankiran y col., 1997) han puesto de manifiesto que las diferencias en el contenido de nutrientes en hojas de distintas variedades no es significativo. En cambio, el patrón sí que presenta un efecto muy acusado en la concentración de nutrientes en las hojas como se refleja en los resultados obtenidos por nuestro grupo, mostrados en la Tabla 7.13.

Tabla 7.13. Efecto del patrón en el contenido de nutrientes en hojas de caqui ‘Rojo Brillante’ (muestreo en octubre, valores medios de siete parcelas).

<i>Nutriente</i>	<i>Diospyros lotus</i>	<i>Diospyros virginiana</i>
Nitrógeno (%)	1,63 a	1,93 a
Fósforo (%)	0,11 a	0,11 a
Potasio (%)	1,16 a	1,86 b
Calcio (%)	2,58 a	2,98 a
Magnesio (%)	0,75 b	0,58 a
Azufre (%)	0,25 a	0,21 a
Hierro (ppm)	68 a	64 a
Cobre (ppm)	4,8 a	5,3 a
Manganeso (ppm)	319 a	531 a
Cinc (ppm)	24 a	20 a
Boro (ppm)	65 a	68 a
Cloro (%)	1,95 b	0,31 a
Sodio (%)	0,046 a	0,035 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,05$.

Valores estándar para la interpretación de los análisis foliares

La mayor parte de los valores estándar para la interpretación de los análisis foliares en el cultivo del caqui se han obtenido en países como Japón, Australia, Nueva Zelanda y Corea del Sur, etc. (Clark y Smith, 1986; George y col., 2005), en condiciones de cultivo (suelo, clima, variedades, manejo, etc.) muy diferentes a las de la Comunitat Valenciana. Nuestro grupo ha realizado estudios en plantaciones de caqui con riego a manta y por goteo para la interpretación de los análisis foliares en plantaciones de caqui ‘Rojo Brillante’. Se han obtenido los valores de las concentraciones de nutrientes asociados a las parcelas más productivas, que pueden servir de referencia para la interpretación de los contenidos nutritivos del caqui en nuestras condiciones de cultivo y que se indican en la Tabla 7.14 (Climent, 2002).

Tabla 7.14. Valores estándar para la interpretación de los análisis foliares en caqui ‘Rojo Brillante’ en hojas de brotes con frutos (muestreo en julio).

Nutriente	Contenido	
	Riego a manta ¹	Riego por goteo
Nitrógeno (%)	1,75-2,00	1,75-2,20
Fósforo (%)	0,08-0,11	0,10-0,14
Potasio (%)	1,20-1,50	1,20-2,40
Calcio (%)	0,85-1,50	1,00-3,00
Magnesio (%)	0,25-0,40	0,25-0,70
Azufre (%)	–	0,15-0,30
Hierro (ppm)	75-100	30-100
Cobre (ppm)	2,5-4,0	2-5
Manganeso (ppm)	30-150	60-150
Cinc (ppm)	10-35	20-50
Boro (ppm)	–	20-70
Cloro (%)	–	<0,80
Sodio (%)	–	<0,10

¹ Climent y col. (2002)

Protocolo para el muestreo foliar en el caqui

En las condiciones del cultivo del caqui en la Comunitat Valenciana proponemos el siguiente protocolo para el muestreo foliar:

- Realizar el muestreo de hojas en el mes de julio.
- En cada parcela o sector homogéneo, seleccionar un número de árboles representativos (15-25) distribuidos de forma aleatoria en toda la parcela y evitando los situados en los márgenes de la misma.
- En cada uno de los árboles seleccionados, tomar 2-4 hojas de la brotación de primavera, de las más jóvenes que estén completamente desarrolladas. Muestrear las cuatro orientaciones de la copa, en su parte exterior y a una altura de 1-2 metros, seleccionado ramillas con frutos en su parte inferior sin lesiones y que representen el estado medio de la parcela. El número de hojas a muestrear será de 50-100 por parcela, en función de superficie de la misma.

- Guardar las hojas preferentemente en bolsas de papel o de plástico que tengan aireación. Conservarlas en un frigorífico hasta el momento de su envío al laboratorio, que se debe realizar lo más rápidamente posible.
- Identificación adecuada de cada muestra.
- Interpretación de los resultados utilizando valores estándar adecuados para la época en que se haya realizado el muestreo (Tabla 7.14).

7.8.3. Análisis del suelo

Aunque el caqui se adapta relativamente bien a una gama amplia de suelos, los más adecuados son los de textura franco-arcillosa, profundos, buen drenaje, altos niveles de materia orgánica y elevados contenidos de nutrientes asimilables. Asimismo cabe destacar su elevada sensibilidad a salinidad, particularmente a cloruros. El análisis del suelo es un método de diagnóstico complementario del análisis foliar. Su finalidad principal consiste en aportar información sobre la capacidad potencial del suelo para suministrar los nutrientes a las plantas a partir de las distintas fracciones: asimilable (constituida por los iones de la solución del suelo y los cationes de cambio retenidos en el complejo arcillo-húmico), y la fracción de reserva (en la materia orgánica y otros compuestos).

Además, el análisis del suelo permite conocer el estado del suelo antes de efectuar la plantación del cultivo en relación a las propiedades relevantes del mismo (pH, nivel de materia orgánica, contenidos de caliza total y activa, disponibilidad de fósforo, potasio y magnesio, así como también la salinidad. Los resultados analíticos serán útiles para aplicar posibles medidas correctoras en el abonado de fondo o de preplantación. El aprovechamiento de las potencialidades del análisis del suelo tiene varias exigencias básicas en relación a diferentes aspectos:

Época del muestreo

La época más adecuada para realizar el muestreo del suelo depende del sistema de riego. Así, en parcelas con riego a manta es conveniente realizar

el muestreo antes del abonado de primavera. En cambio en las parcelas con riego por goteo se puede realizar en cualquier época, pero preferentemente antes del inicio de la aplicación del plan de fertirrigación anual.

Muestras representativas

Antes de iniciar el muestreo conviene delimitar los sectores homogéneos en relación al tipo de suelo, aspectos del cultivo, sistema de riego, manejo del suelo, etc. con objeto de tomar muestras separadas de cada una de tales sectores homogéneos. Y en cada uno ellos se tomarán submuestras de suelo en un número adecuado de puntos, normalmente entre 10 y 15, según la superficie de la parcela o sector.

Punto de muestreo y profundidad

Los puntos de muestreo deben seleccionarse de forma aleatoria y procurando que sean equidistantes. En las plantaciones con riego a manta, las muestras se deben tomar en las calles, en las proximidades de las copas de los árboles; y en las plantaciones con riego por goteo, las muestras se deben tomar en los bulbos húmedos, en los puntos intermedios entre el gotero y el borde del bulbo húmedo, a una profundidad de 0-30 cm.

Manejo y transporte de las muestras

Las submuestras de cada parcela o sector homogéneo se colocarán en un recipiente adecuado, que permita una buena mezcla de las mismas, y posteriormente se tomará una porción de alrededor de 1 kg de suelo homogeneizado y desmenuzado para su envío al laboratorio de análisis.

Interpretación de los resultados

Una vez obtenidos los resultados analíticos en el laboratorio, se debe realizar la interpretación de los mismos mediante valores estándar adecuados (Junta de Extremadura, 1992) o tomando como referencia los valores obtenidos en los suelos de la máxima productividad de caqui, mostrados en la Tabla 7.15.

Tabla 7.15. Valores medios y rango de variación de las características físico-químicas del suelo en las parcelas más productivas de caqui en la Ribera del Júcar (Valencia).

<i>Parámetro</i>	<i>Valor medio</i>	<i>Rango de variación</i>
Materia orgánica (%)	2,1	1,5-2,4
Nitrógeno orgánico (%)	0,113	0,076-0,126
Relación carbono/nitrógeno	10,6	8,8-11,4
pH (soluc. acuosa 1:2,5)	8,4	8,2-8,5
Carbonatos (% caliza)	23	5-32
Caliza activa	7	1-11
Fósforo asimilable (Olsen) ¹	42	20-84
Calcio asimilable (meq/100 g suelo) ²	28,8	21-32
Magnesio asimilable (meq/100 g suelo) ²	4,40	3-5
Potasio asimilable (meq/100 g suelo) ²	1,06	0,76-1,60
Sodio asimilable (meq/100 g suelo) ²	0,40	0,14-0,60
Hierro asimilable (ppm) ³	8,8	4-16
Cobre asimilable (ppm) ³	3,6	1-7
Manganeso asimilable (ppm) ³	5,5	3-11
Cinc asimilable (ppm) ³	1,9	1-6
Conductividad eléctrica extracto de saturación (dS/m)	0,8	0,50-1,50
Cloruros extracto de saturación (meq/l)	1,60	0,90-2,80

¹. Fósforo soluble en bicarbonato sódico (método de Olsen).

². Cationes extraídos con acetato amónico.

³. Micronutrientes extraídos con DTPA (método de Lindsay y Norvell).

7.9. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Almela, V. 2004. Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruits. *Ann. Appl. Biol.* 144:65-69.
- Albiach, R. Climent, C., Canet, R., Pomares, F. 2012. Soil fertility and nutritional status of persimmon 'Rojo Brillante' plantations in the Ribera Alta (Valencia, Spain). *Commun. Soil. Sci. Plan.* 43:2767-2776.
- Clark, C.J., Smith, G.S. 1986. Leaf analysis of persimmon. *Growing Today.* February:15-17.
- Clark, C.J., Smith, G.S. 1990. Seasonal changes in the mineral nutrient content of persimmon leaves. *Sci. Hort.* 42:85-97.

- Climent, C. 2002. Estudi de fertilitat i estat nutritiu de les plantacions de caqui "Roig Brillant" a la comarca de la Ribera Alta (Valencia). Universitat de Lleida. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària.
- Ferrer, P. 2009. Bases para el abonado en el cultivo del caqui. *Agrícola Vergel*. 333:472-474.
- George, A.P., Nissen, R.J., Collins, R.J., Haydon, G.F. 1995. Seasonal leaf nutrient pattern and standard leaf nutrient levels for non-astringent persimmon in subtropical Australia. *J. Hortic. Sci.* 70:807-816.
- George, A., Nissen, B., Broadley, R. 2005. Persimmon nutrition. A practical guide to improving fruit quality and production. Department of Primary Industries Queensland, Brisbane.
- George, A.P., Nissen, R.J., Broadley, R.H., Collins, R.J. 2003. Improving the nutritional management of non-astringent persimmon in subtropical Australia. *Proceedings 2nd International Symposium on Persimmon*. *Acta Hort.* 601:131-138.
- Junta de Extremadura, 1992. Interpretación del análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado (normas básicas). Mundi-Prensa, Madrid.
- Kaplankiran, M., Demirkeseer, T.H., Toplu, C. 1997. Leaf nutrient content of some persimmon varieties under subtropical conditions. *Proceedings V International Symposium on Temperate Zone Fruits*. *Acta Hort.* 441:295-298.
- Natali, S., Bignani, C. 1988. Speciale kaki. Relazione presentata al Convegno SOI "Aggiornamento nella coltura del kaki". Faenza, 21 aprile 1988.
- Ragazzini, D. 1985. El kaki. Mundi-Prensa, Madrid.
- Rehalia, A.S., Sandhu, R.D. 2005. Standardization of foliar sampling technique for macro-nutrients in persimmon (*Diospyros kaki*) cv. Hachiya. *Proceedings VII International Symposium on Temperate Zone Fruits*. *Acta Hort.* 696:265-268.

8

TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL FRUTO

**Manuel Agustí, Carmina Reig, Carlos Mesejo y
Amparo Martínez-Fuentes**

Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València

TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL FRUTO

8.1. INTRODUCCION

La calidad se define como el conjunto de propiedades inherentes a un producto que permite juzgar si es mejor o peor que otro de su misma clase. Sin embargo, bajo un punto de vista de comercial, la calidad puede definirse también como el conjunto de características de un producto dado que le permiten cumplir con algún tipo de normas establecidas.

A pesar de ello, el concepto de calidad varía con el tipo de producto y significa cosas distintas para sociedades diferentes. Ello es particularmente cierto en los frutos, ya que su apreciación envuelve todos los sentidos y es, finalmente, subjetiva. No obstante, existen algunas características, tanto internas como externas, aceptadas con carácter general y que pueden considerarse objetivamente determinantes de su calidad. Las primeras se refieren, sobre todo, al sabor; las segundas están relacionadas con el color, la forma y, en general, aspectos estéticos. Las propiedades medicinales de los frutos también se han mostrado de primera importancia a la hora de definir su calidad. Finalmente, la mayoría de las características que caracterizan el producto están reguladas por ley y deben ser cumplidas cuando el fruto aparece en el mercado.

En el caso del caqui, como en otros frutos, la mayor parte de la producción se consume en fresco, y en estos casos su calidad intrínseca es de gran importancia ya que se consume individualmente. Por otra parte, es

necesario cumplir con una serie de estándares debido a los procesos tan sofisticados que actualmente implican su transporte y distribución. Finalmente, los países desarrollados, con alto poder adquisitivo, como es el caso de los europeos, demandan frutos de alta calidad.

La calidad de un fruto puede mejorarse mediante una selección poscosecha, pero los elevados costes de ésta sólo lo hacen posible en los casos de frutos muy demandados y para mercados muy sofisticados. Por tanto, se hace necesario vigilar aquellos factores precosecha capaces no sólo de optimizar el proceso de comercialización sino de aumentar la rentabilidad del agricultor.

Bajo este punto de vista, la calidad del fruto viene determinada por factores exógenos y endógenos del árbol. Los primeros están relacionados con las características medioambientales y las técnicas de cultivo, los segundos son factores genéticos y fisiológicos. Los factores ambientales y genéticos no pueden ser alterados en condiciones de cultivo. Los aspectos fisiológicos sí pueden serlo pero sólo en la medida que sean conocidos y entendamos sus mecanismos de acción. Las técnicas de cultivo son los únicos factores que dependen de la mano del hombre y pueden ser modificados en función de las necesidades.

En este capítulo se estudian algunas técnicas de cultivo capaces de mejorar el tamaño final del fruto y alterar la evolución natural de su maduración.

8.2. ESTÍMULO DEL DESARROLLO DEL FRUTO. TAMAÑO FINAL

El caqui puede ver incrementado el tamaño final del fruto aumentando su capacidad sumidero o la disponibilidad de carbohidratos durante su periodo de crecimiento. Lo primero se logra con la aplicación de auxinas de síntesis, lo segundo mediante el rayado de ramas.

En Fruticultura es frecuente utilizar el éter etilhexil del ácido 2,4-diclorofenoxipropiónico (2,4-DP) y el ácido 3,5,6-tricloro-2-piridiloxiacético (3,5,6-TPA), en su formulación ácido libre, para aumentar el tamaño de

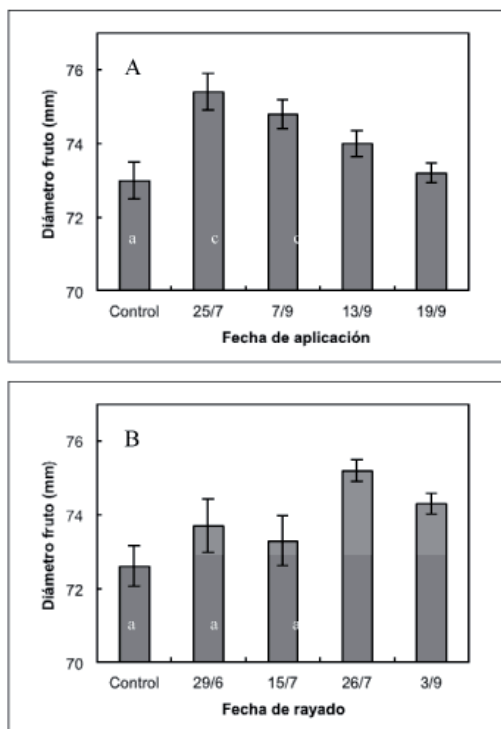
los frutos. Así, se han encontrado resultados satisfactorios en cítricos (El-Otmani y col., 2000), melocotonero, cerezo, ciruelo (Agustí y col., 1997), albaricoquero (Agustí y col., 1994), níspero japonés (Agustí y col., 2003a) y otras especies frutícolas (Schiaparelli y col., 1995). Pero también es frecuente el rayado de ramas con el mismo objetivo en los cítricos (Agustí y col., 2003b), frutales de hueso (Agustí y col., 1997), níspero japonés (Agustí y col., 2005), manzano (Greene, 1937), etc. La utilización de esta técnica fue revisada en profundidad por Goren y col. (2003).

La acción de estas dos técnicas sobre el desarrollo del fruto presenta mecanismos distintos que conducen, sin embargo, al mismo fin. Así, las auxinas incrementan la capacidad sumidero del fruto (El-Otmani y col., 1993; Aznar y col., 1995), mientras que el rayado de ramas aumenta la disponibilidad de carbohidratos (Greene, 1937; Wallerstein y col., 1974) a través del estímulo de la actividad fotosintética (Rivas y col., 2007). El desarrollo del fruto depende de ambos efectos, producidos a la vez o por separado, que cuando se ven estimulados promueven el crecimiento.

En el caqui, la aplicación de 3,5,6-TPA (10 mg/L) o el rayado de ramas consiguen incrementos del orden de 2,5 mm en el diámetro medio de los frutos, pasando de frutos de 73 mm de diámetro en árboles sin tratar a frutos de 75,5 – 76,0 mm en árboles rayados o tratados con 3,5,6-TPA, sin que existan diferencias significativas entre ambos tratamientos. En ambos casos, la respuesta depende críticamente de la época de tratamiento, siendo durante la fase lineal de crecimiento del fruto (mediados-finales de julio, cuando el fruto tiene entre el 50 y 70% del tamaño final) la más adecuada (Fig. 8.1). Con el crecimiento del fruto se pierde la eficacia de los tratamientos y en septiembre resultan ineficaces.

Un aspecto de máxima importancia derivado de estos tratamientos es su efecto sobre la fecha de recolección. Así, el aumento del tamaño final del fruto descrito es, en realidad, consecuencia de la aceleración del crecimiento, es decir, el fruto crece más deprisa por acción de la auxina o del rayado de ramas y completa antes su desarrollo y, por tanto, inicia antes el climaterio. La consecuencia directa es que se recolecta antes. Esta res-

Figura 8.1. Efecto de la aplicación de 3,5,6-TPA (10 mg/L) (A) y del rayado de ramas (B) sobre el diámetro del fruto del caqui 'Rojo brillante'. Influencia de la fecha de ejecución. Fecha de medición: 4 de octubre. Las barras verticales indican el ES. Letras distintas indican significación estadística ($P \leq 0.05$) (Agustí y col.; 2004b; Juan, 2009).



puesta se relaciona con el momento de la aplicación, de modo que los tratamientos efectuados a finales de julio y a principios de septiembre son los más eficaces. Así, los resultados de Agustí y col. (2004b) muestran que la relación a/b de las coordenadas Hunter el momento de la recolección (25 de septiembre) en sus experimentos, era $-0,01$ y $-0,04$, respectivamente, frente a $-0,17$ de los frutos de los árboles sin tratar (Fig. 8.2). Esta mejora de la relación a/b fue consecuencia del mayor valor de la coordenada a logrado con su tratamiento y que aunque todavía negativo (verde) estaba muy próximo al cambio de color, ya que el color amarillo del fruto (coordenada b) no fue significativamente modificado por éste.

Figura 8.2. Influencia de la época de aplicación del 3,5,6-TPA, 10 mg/L, sobre la evolución de la coloración del caqui ‘Rojo brillante’. Las letras a y b son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el error estándar. La línea vertical sirve para comparar la coloración media de los frutos en el momento de la primera recolección (Agustí y col., 2004b).

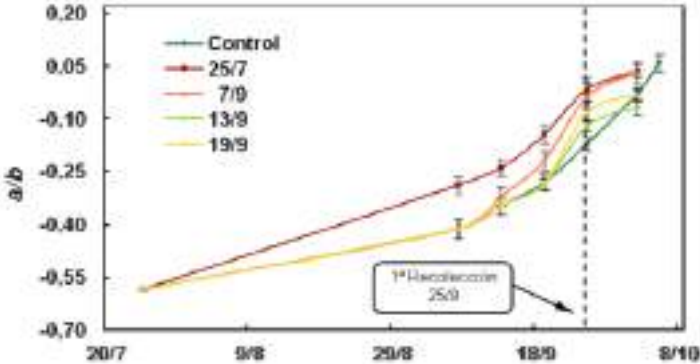
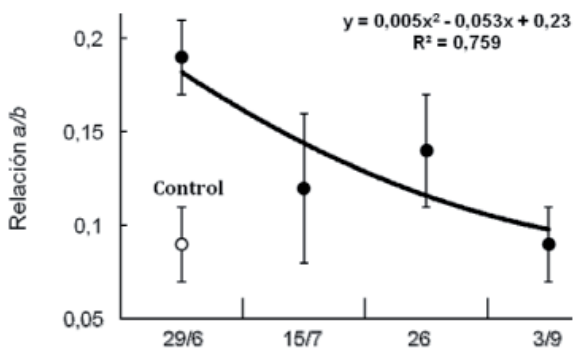


Figura 8.3. Rayado de una rama (flecha) de caqui ‘Rojo Brillante’ recién efectuado.



El rayado de ramas (Fig. 8.3) también anticipa la maduración del fruto y la respuesta es, asimismo, dependiente de la época de ejecución. Los resultados de Juan y col. (2009) indican que cuando se efectúa a finales de junio, aproximadamente cuando el fruto tiene entre el 50 y 70% de su tamaño final, resultó más eficaz (Fig. 8.4). Así, en el momento de la recolección, cuando la relación a/b había alcanzado el valor 0,09 en los controles, en los frutos de los árboles rayados el 29 de junio alcanzaba el valor 0,19, mientras que en los procedentes de árboles rayados a mediados y finales de julio era de 0,12 y 0,14, respectivamente. También en este caso los cambios en la relación a/b son consecuencia de las variaciones de la coordenada a de Hunter.

Figura 8.4. Efecto de la fecha de rayado de ramas sobre la coloración (relación a/b de las coordenadas Hunter) de los frutos cosechados en la primera recolección (4 de octubre). Las barras verticales indican el error estándar (Juan y col., 2009).



Experimentos realizados por los autores citados para establecer la comparación de ambas técnicas indican que la aplicación de 10 mg/L de 3,5,6-TPA mejora la respuesta conseguida con el rayado de ramas, particularmente para los tratamientos realizados a finales de julio, aproxima-

damente dos meses y medio antes de la maduración. Tanto el color del fruto como el porcentaje de frutos recolectados en el primer pase fueron significativamente más elevados en los árboles tratados con 3,5,6-TPA que en los rayados (Tablas 8.1 y 8.2, Fig. 8.5). Así, mientras de los árboles tratados se cosechó el 59% de los frutos en la primera recolección, de los árboles rayados se recolectó el 16%. Ambos resultados, sin embargo, difirieron significativamente de los árboles control, de los que solo se recolectó el 6% (Tabla 8.2).

Tabla 8.1. Comparación del efecto de la aplicación de 3,5,6-TPA (10 mg/L) y del rayado de ramas sobre la coloración del fruto del caqui 'Rojo Brillante'. Influencia de la fecha de tratamiento. Fecha de medición: 30 de septiembre. Valores expresados como la relación a/b de coordenadas Hunter \pm error estándar.

	<i>Fecha de los tratamientos</i>			
	<i>29/6</i>	<i>26/7</i>	<i>3/9</i>	<i>18/9</i>
Control	-0,16 \pm 0,01	-0,16 \pm 0,01	-0,16 \pm 0,01	-0,16 \pm 0,01
Rayado	-0,05 \pm 0,02	-0,08 \pm 0,02	-0,09 \pm 0,02	-0,03 \pm 0,03
TPA,10 mg/L	0,17 \pm 0,02	0,20 \pm 0,04	-0,04 \pm 0,02	-0,01 \pm 0,03

Tabla 8.2. Efecto comparado de la aplicación de 3,5,6-TPA (10 mg/L) y del rayado de ramas sobre el porcentaje medio de frutos del caqui 'Rojo Brillante' cosechado por árbol \pm error estándar en la primera recolección (4 de octubre). Influencia de la fecha de tratamiento.

	<i>Fechas de los tratamientos</i>				
	<i>29 junio</i>	<i>26 julio</i>	<i>3 septiembre</i>	<i>18 septiembre</i>	<i>27 septiembre</i>
Control	6,2 \pm 3,4	6,2 \pm 3,4	6,2 \pm 3,4	6,2 \pm 3,4	6,2 \pm 3,4
Rayado	30,0 \pm 4,9	16,4 \pm 5,1	9,4 \pm 4,3	12,3 \pm 6,8	2,8 \pm 1,8
TPA,10 mg/L	47,9 \pm 6,7	59,0 \pm 4,8	16,4 \pm 4,3	25,2 \pm 5,4	6,6 \pm 3,0

Figura 8.5. Efecto de la aplicación de 10 mg/L de 3,5,6-TPA sobre la coloración del fruto del caqui en comparación con un árbol sin tratar (izquierda). Fecha de la fotografía: 30 de septiembre.



Un aspecto relevante de los resultados expuestos lo constituye el hecho de que estas técnicas pueden suplir a otras aparentemente más eficaces para anticipar la maduración del fruto y con ello su recolección. Los compuestos liberadores de etileno, como el etefon, son más eficaces porque promueven el climaterio, pero el comportamiento del fruto tras el tratamiento es dificultoso y prácticamente queda fuera de control. Las técnicas expuestas aceleran el crecimiento del fruto y con ello su época de recolección, pero sin modificar su comportamiento poscosecha.

Los tratamientos expuestos con ser muy eficaces y de buen rendimiento, no están exentos de riesgos. Así, un exceso en la concentración o en el volumen de caldo aplicado de 3,5,6-TPA puede dar lugar a una caída prematura de frutos y hojas. Además, puesto que el fruto crece más deprisa y alcanza antes la coloración, el seguimiento de la presencia de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) debe ser más estricto y los tratamientos anticiparse para evitar su ataque. En el caso del rayado de ramas el peligro

deriva directamente de su ejecución, de modo que hay que evitar dañar el leño. Cuando esto ocurre, el daño se manifiesta por la exudación de goma y es irreparable en el mismo año. El rayado debe afectar solo a la corteza de la rama.

8.3. CONTROL DE LA MADURACIÓN

En algunas áreas productoras españolas se cultiva casi exclusivamente 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, tienen escaso tamaño y son menos requeridos por el mercado. Esto conlleva una reducida 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: 1) su comercialización como un fruto de aspecto consistente y duro, y con un sabor diferente al que el consumidor está acostumbrado, y 2) que la mayoría de la producción se destina a la exportación. En estas condiciones el interés por ampliar el período de recolección es evidente. Pero el caqui es un fruto climatérico y madura rápidamente, esto es, puede estropearse con celeridad, lo que implica que la elección del momento de la recolección es muy importante si se quiere llevar a cabo este tipo de comercialización.

En el campo, el momento de la recolección viene dado, casi exclusivamente, por el color del fruto. En los Criterios de Certificación del C.R.D.O. "Kaki Ribera del Xúquer", 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, entre los que destaca el ácido ascórbico o vitamina C, que se encuentra, principalmente, en su piel (Climent y Llácer, 2001). Finalmente, en el tejido parenquimático del mesocarpo los frutos de cultivares astringentes, como es el caso del 'Rojo Brillante', 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). Pero cuando el fruto se recolecta antes del climaterio, duro y con una tonalidad naranja, como se hace con el 'Rojo Brillante', el proceso todavía no se ha iniciado y obliga a someterlo a tratamientos que la eliminen tras la recolección (ver Capítulo 12).

En resumen, el momento comercialmente adecuado para llevar a cabo la recolección del caqui no es fácil de establecer y muchas veces no es coincidente con la demanda del mercado, de modo que se hace necesario disponer de técnicas capaces de anticipar o retardar el climaterio para satisfacer la demanda inmediata, en el primer caso, o para evitar la saturación del mercado, en el segundo. En este capítulo se presentan técnicas de cultivo, esto es, anteriores a la recolección, capaces de anticipar o retrasar la maduración.

8.3.1. Anticipación de la maduración

Estímulo del climaterio

El conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento recibe el nombre de maduración. Durante esta fase tiene lugar la coloración del pericarpo, la

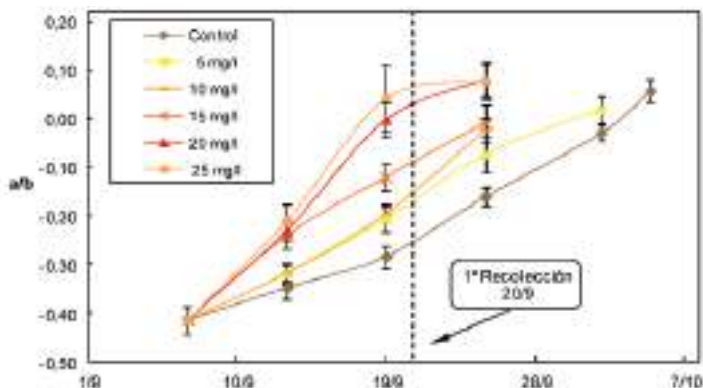
reducción del contenido en almidón, un aumento de la concentración de azúcares, un descenso de la concentración de ácidos, la pérdida de firmeza, y otros cambios físicos y químicos. Superada esta fase, el fruto pierde turgencia, aumenta su sensibilidad a las condiciones del medio, pierde el control metabólico e inicia su senescencia.

Este proceso es variable con los frutos, de modo que mientras unos modifican profundamente las características de su pericarpo (pomos, drupas y bayas, por ejemplo), otros alteran su endocarpo o las semillas (núculas, folículos, algunas legumbres, etc.). Pero en relación al proceso de maduración los frutos se agrupan en dos grupos según su comportamiento fisiológico. Unos acumulan almidón durante su crecimiento y en la maduración lo hidrolizan hasta monosacáridos; como éste, otros procesos ligados a la maduración exigen energía, por lo que la maduración viene acompañada de un aumento de la tasa respiratoria. Otros acumulan directamente monosacáridos durante su crecimiento y, por tanto, durante la maduración apenas modifican su tasa respiratoria. Los primeros reciben el nombre de frutos climatéricos, como es el caso del caqui, los del segundo grupo son frutos no climatéricos.

El reblandecimiento de los tejidos y su evolución también diferencia a los frutos climatéricos de los no climatéricos. Los constituyentes más importantes de las paredes celulares son celulosa, hemicelulosa, proteínas y sustancias pécticas. El reblandecimiento progresivo de los frutos durante la maduración es consecuencia de la solubilización gradual de estas pectinas, lo que reduce la cohesión del tejido. Los conocimientos actuales revelan que la actividad de los enzimas responsables de este reblandecimiento y la producción de CO_2 sólo se produce cuando el fruto produce etileno y éste logra superar un valor umbral, variable con la especie y/o variedad. Por tanto, la sustancia responsable de la maduración en este tipo de frutos es el etileno, clasificado por ello como hormona vegetal.

Pero la característica más notable de este tipo de frutos es el proceso autocatalítico del etileno, esto es, su capacidad de activar la síntesis de su

Figura 8.6. Evolución del color de los frutos de caqui 'Rojo brillante', tratados con etefon antes del cambio de color. Efecto de la concentración. Tratamientos realizados a principios de septiembre, tres semanas y media antes del cambio de color. Las letras a y b son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el error estándar (Juan y col., 2002).



precursor (ácido 1-aminiciclopropano-1-carboxílico, ACC) y la oxidación de éste, dando lugar, por tanto, a un proceso retroalimentado. Y esta característica se puede aprovechar para acelerar el proceso de maduración de este tipo de frutos, es decir, una vez el proceso se ha iniciado, la aplicación exógena de etileno consigue acelerar el proceso y el fruto madura antes.

Para acelerar este proceso suelen utilizarse dos técnicas, la aplicación directa del gas etileno, lo que exige de cámaras especialmente diseñadas y solo puede realizarse tras la recolección, o la aplicación de sustancias capaces de ser absorbidas y metabolizadas por la planta, liberando etileno. El etefon (ácido 2-cloroetilfosfónico) se emplea en precosecha con este fin y su acción ha sido convincentemente demostrada (Mir y col., 1999; Wang y Dilley, 2001).

En el manzano, la aplicación de etefon adelanta varias semanas la coloración del fruto y promueve su reblandecimiento (McBride y Faragher, 1978), y una respuesta similar se ha encontrado en el peral (Nicotra y col., 1976), melocotonero (Martin y col., 1969; Sims y col., 1974), ciruelo (Chundawast y col., 1977; Cassibba y col., 1979; Lee and Lee, 1980; Parmar y Bhutani, 1988), papaya (Shanmugavelu y col, 1976), vid (Jenseu y col, 1976), higuera (Crane y col, 1970; Puech y col, 1976) y, también,

en el caqui (Testoni y Sozzi, 1979; Ragazzini, 1985; Juan y col, 2002). Un resumen de estos trabajos se presenta a continuación.

En el caqui la aplicación de etefon promueve el climaterio. La respuesta a este fitorregulador depende de la concentración que se aplique y de la época. Así, una semana después del tratamiento (principios de septiembre, cuando los frutos están iniciando el cambio de color) los frutos tratados a una concentración de 15 mg/L o superior muestran ya una mejora significativa de su coloración y doce días después la separación entre tratamientos es proporcional a la concentración aplicada (Fig. 8.6). En este momento mientras el control presenta una relación a/b de -0.28 , es decir, en la zona del color verde, los frutos tratados con 15 mg/L, 20 mg/L ó 25 mg/L ya han cambiado de color, con valores de a/b de -0.10 , 0.00 y $+0.04$, respectivamente. Como consecuencia de ello en el momento de la primera recolección (alrededor del 20 de septiembre) solamente los frutos tratados con 15 mg/L, 20 mg/L y 25 mg/L de etefon pudieron ser recolectados. En el momento de la recolección persistía la influencia de la concentración sobre la respuesta obtenida indicando una saturación de la misma para 15 mg/L de sustancia activa aplicada (Fig. 8.7).

Figura 8.7. Influencia de la concentración de etefon aplicada sobre la coloración del caqui 'Rojo brillante' en el momento de la primera recolección. Tratamientos efectuados a principios de septiembre. Las letras a y b son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el error estándar.

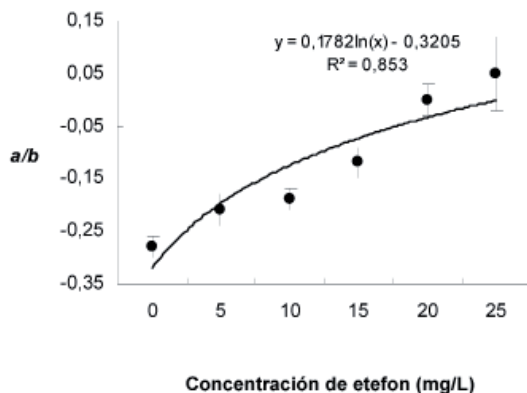


Figura 8.8. Influencia de la fecha de aplicación de etefon (15 mg/L) sobre la coloración de la epidermis de los frutos de caqui 'Rojo Brillante' en el momento de la primera recolección. Las letras a y b son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el error estándar.

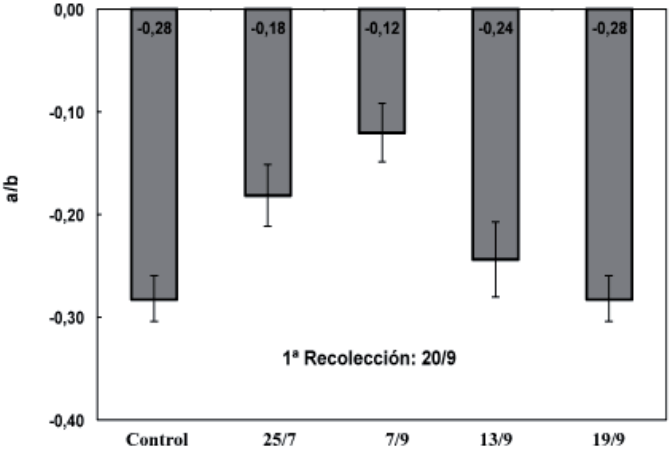


Figura 8.9. Estado idóneo de coloración del fruto para la aplicación de tratamientos para anticipar o retrasar el climaterio del caqui.

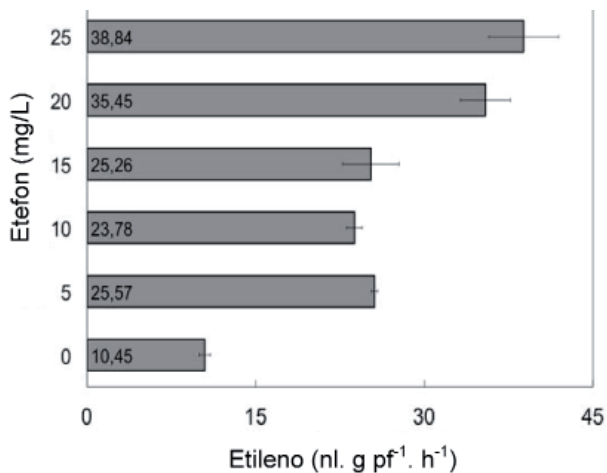


Por tanto, la aplicación de 15 mg/L de etefon (o concentraciones superiores) adelanta la entrada en color del fruto. Pero la respuesta también depende de la época de tratamiento. La mejor se presenta una vez el fruto ha completado su crecimiento, lo que en las condiciones de clima de la costa mediterránea española tiene lugar, aproximadamente, a principios de septiembre (Fig.8.8), tres semanas y media antes del cambio de color (Fig 8.9). Los experimentos realizados indican que en el momento de la primera recolección (finales de septiembre), en los árboles tratados los frutos alcanzan una coloración que permite cosechar cerca del 25% de ellos, cuando de los árboles sin tratar no se puede recolectar todavía ninguno (Tabla 8.3). Aplicaciones en fechas anteriores (finales de julio), no tienen una repercusión tan inmediata en la coloración del fruto (Fig. 8.8), y aunque provocan una anticipación del inicio del climaterio respecto de los frutos sin tratar, su efecto en el adelanto de la recolección es escaso. Si embargo, los tratamientos en fechas posteriores (mediados de septiembre) permiten una anticipación notable de la recolección, que en la segunda fecha de ésta difiere significativamente de los árboles sin tratar o tratados en julio (Tabla 8.3).

Tabla 8.3. Influencia de la fecha de aplicación de etefon (15 mg/L) sobre el porcentaje de frutos de caqui 'Rojo Brillante' cosechados en las diferentes fechas de recolección. Valores expresados sobre el total de frutos producidos por árbol \pm error estándar.

Fecha de tratamiento	Fechas de recolección			
	20 Sept.	2 Oct.	11 Oct	18 Oct.
Control	0	0	79.0 \pm 5.1	21.0 \pm 4.1
25 julio	0	3.9 \pm 0.2	86.1 \pm 1.5	10.0 \pm 2.3
7 septiembre	22.9 \pm 5.2	47.0 \pm 8.2	30.1 \pm 6.1	0
13 septiembre	0	53.1 \pm 2.5	46.9 \pm 3.0	0
19 septiembre	0	45.8 \pm 9.5	54.2 \pm 2.5	0

Figura 8.10. Influencia de la concentración de etefon sobre la producción de etileno del caqui 'Rojo Brillante'. Tratamientos realizados a principios de septiembre, tres semanas y media antes del cambio de color. Análisis realizados veinte días después del tratamiento. Las barras indican el error estándar.



Esta anticipación del climaterio queda demostrada al analizar la producción de etileno de los frutos tratados (Fig. 8.10). Veinte días después del tratamiento la producción de etileno de los frutos tratados con 20 mg/L y 25 mg/L de etefon presentan producciones de etileno significativamente mayores que los tratados con 5 mg/L, 10 mg/L y 15 mg/L y éstos, a su vez, significativamente mayores que los frutos no tratados. En general, estos valores se ordenaron del mismo modo que lo hizo la coloración del fruto (Fig. 8.6).

Características del fruto tratado y comportamiento poscosecha

La aplicación de etefon no afecta el diámetro final del fruto, pero sí tiene repercusión sobre la evolución del peso del fruto una vez recolectado. Así, durante la frigoconservación (2-3°C; 90-95% HR), el peso medio de los frutos de los árboles tratados disminuye más rápidamente que el de los frutos de los árboles sin tratar. Esta reducción, a los 25 días de almacena-

miento, se estima cercana al 25% de su peso inicial, cuando en los frutos sin tratar apenas alcanza el 10%.

El contenido en sólidos solubles totales sigue una pauta similar en ambos tipos de frutos, sin tratar y tratados, con una disminución del orden del 20% para ambos durante los quince primeros días de almacenamiento y una estabilización posterior.

La resistencia del fruto al punzamiento es significativamente inferior en los frutos tratados a lo largo de todo el período de frigoconservación, tanto en la zona ecuatorial como en la zona estilar. Su evolución, sin embargo, apenas sufre cambios en la zona ecuatorial, permaneciendo prácticamente constante durante, al menos, 20 días de almacenamiento. En la zona estilar, sin embargo, la firmeza disminuye con el tiempo y las diferencias entre los frutos tratados y no tratados tienden a aumentar y a ser máximas al final del proceso, cuando los frutos tratados presentaron unos valores inferiores a los de los frutos control con diferencias cercanas al 15% (Tabla 8.4).

Tabla 8.4. Efecto de la aplicación de etefon (15 mg/L) sobre las características de los frutos de caqui 'Rojo Brillante' frigoconservados en cámara (2-3°C; 90-95% HR). Fecha de tratamiento: 24 de julio. Fecha de recolección: 27 septiembre.

Tratamiento	Firmeza (N)			
	Zona ecuatorial		Zona estilar	
	27 septiembre	17 octubre	27 septiembre	17 octubre
Control	18.4 ± 0.2	18.2 ± 0.4	16.4 ± 0.2	14.2 ± 0.3
Etefon	17.1 ± 0.3	17.0 ± 0.2	15.3 ± 0.3	12.3 ± 0.3
Signif.	$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$

Debe destacarse que los valores de firmeza del fruto indican un reblandecimiento de éste con el aumento de la concentración aplicada, tanto en el ecuador como en la zona estilar del mismo, y tanto en el árbol como durante el almacenamiento, lo que implica una reducción de la vida media del fruto tratado tras la recolección.

8.3.2. Retraso de la maduración

Aplicación de ácido giberélico

En el caqui, como en otras especies frutícolas, el ácido giberélico (GA_3) retarda la senescencia de los tejidos, por lo que al aplicarlo sobre el fruto retarda su entrada en color, bien se trate de frutos climatéricos como no climatéricos. Ben-Arie y col (1986) estudiaron el efecto de la concentración y la época de aplicación sobre la maduración del cultivar 'Triumph' y su comportamiento poscosecha.

La aplicación de GA_3 veinticinco días antes del cambio de color (Fig. 8.9) retrasa significativamente la coloración del fruto del caqui. Una semana después del tratamiento, la diferencia con los frutos sin tratar es visible, y ésta persiste hasta la recolección (Fig. 8.11). Si el tratamiento se retrasa, la respuesta se reduce, pero no el efecto final, de modo que aplicaciones

Figura 8.11. Influencia de la concentración de GA_3 sobre la evolución del color de los frutos del caqui 'Triumph'. Fecha de los tratamientos: 3 de octubre. Las barras verticales indican el error estándar. La flecha indica el momento del cambio de color en los frutos de los árboles sin tratar (Agustí y col., 2004a).

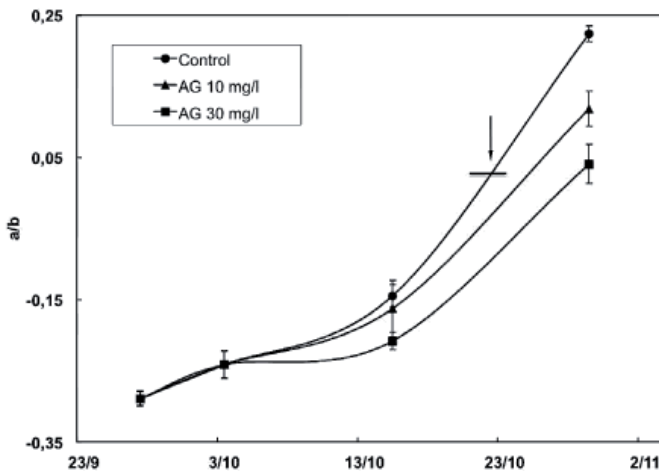
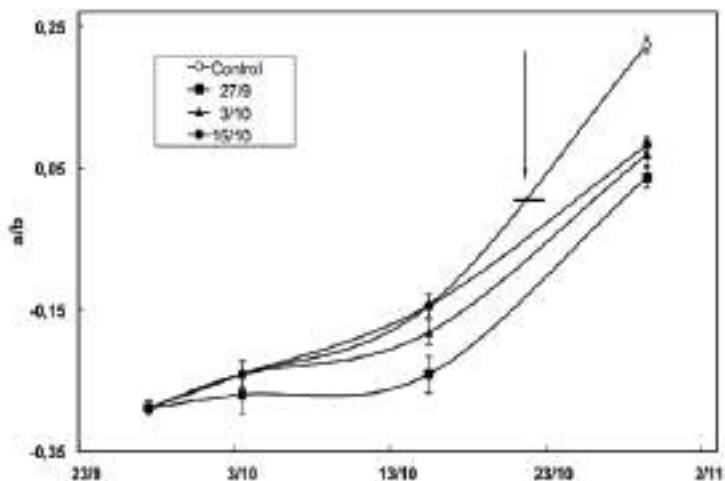


Figura 8.12. Influencia de la fecha de aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a una concentración del 2%, sobre la evolución del color de los frutos de caqui 'Triumph'. Las letras a y b son coordenadas Hunter. Las barras verticales indican el error estándar. La flecha indica el momento del cambio de color de los frutos sin tratar (Agustí y col., 2004a).



siete o veinte días más tarde presentan efectos similares en el momento de la recolección (Fig. 8.12).

Este efecto logrado con el GA_3 sobre la coloración del fruto depende de la concentración aplicada. Concentraciones crecientes entre 0 y 30 mg/L presentan una respuesta, a su vez, creciente (Fig. 8.11), pero concentraciones superiores ya no consiguen mejorar la respuesta (Agustí y col., 2004a). En el momento de la maduración la dependencia de la concentración resulta evidente, y los frutos son tanto más verdes cuanto mayor es la concentración de GA_3 aplicada. Este retraso en la coloración tiene su correspondencia con un retraso en la producción de etileno (Agustí y col., 2004a). Dos semanas después del tratamiento, la producción de etileno de los frutos tratados con ácido giberélico es significativamente menor que la de los frutos sin tratar, mostrando un retraso en la llegada al climaterio y, en consecuencia, en la maduración.

Los frutos tratados con GA_3 no difieren en diámetro ni en la concentración de sólidos solubles totales, pero ofrecen más resistencia al punzamiento que los frutos sin tratar, tanto en la zona ecuatorial como en la zona estilar, lo que indica un comportamiento poscosecha marcadamente mejor (Agustí y col., 2004a). Aunque los resultados presentados son satisfactorios bajo el punto de vista económico, la acción del ácido giberélico sobre la senescencia de las hojas y su efecto sobre la brotación y la floración de la primavera siguiente no han sido convenientemente estudiados. La búsqueda de tratamientos alternativos, por tanto, quedó plenamente justificada en su momento.

Aplicación de nitrato cálcico

La aplicación de nitrato cálcico [$Ca(NO_3)_2$] retrasa, también, la entrada en color del fruto. El resultado, al igual que en el caso del GA_3 , depende del momento de la aplicación y de su concentración. En caqui 'Triumph', cuando se aplica a finales de septiembre, 25 días antes del cambio de color del fruto (Fig. 8.9), retrasa la entrada en color una semana, aproximadamente (Agustí y col., 2004a). Cuando se aplica a mediados de octubre la respuesta pierde eficacia, pero es mejor que si se retrasa hasta finales del mes. Así, una semana después del tratamiento la relación a/b de los frutos tratados a finales de septiembre es del orden del 15% inferior a la de los frutos no tratados, pero a los 18 días la diferencia alcanza casi el 20%, y a finales de octubre llega a ser del 80% (Figs. 8.12 y 8.13). No obstante, con el tiempo las diferencias entre tratamientos se reducen y a finales de octubre ya no se aprecian.



Figura 8.13. Aspecto de los frutos de caqui sin tratar (A) y tratados con nitrato cálcico (2%) (B) en el momento de la recolección de los primeros. Fecha de tratamiento: 13 de octubre. Fecha de la fotografía: 14 de noviembre.

Tampoco en este caso el diámetro del fruto ni la concentración de sólidos solubles totales muestran diferencias significativas con los frutos sin tratar, pero sí su firmeza que en el momento de la recolección mejora significativamente por acción del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, tanto en la zona ecuatorial como en la estilar y con independencia de la fecha de aplicación. Diferencias del 7% y 10% se consiguen en ambas zonas del fruto, respectivamente, por efecto del tratamiento (Agustí y col., 2004a).

Los frutos han desarrollado mecanismos para mantener una concentración baja de Ca en sus tejidos, tales como un transporte restrictivo o su dilución por efecto del crecimiento. Ello es necesario para una rápida expansión celular y el aumento de la permeabilidad de las membranas celulares (Mix y Marschner, 1976). De este modo el fruto logra una alta tasa de crecimiento, pero aumenta el riesgo de que el contenido en Ca caiga por debajo del nivel requerido para mantener la integridad de las membranas (Marschner, 1986), dando lugar a algunos desórdenes fisiológicos relacionados con la deficiencia de Ca, como es el caso del 'blossom end rot' o el 'bitter pit' de las manzanas. En el caqui, la pulpa pierde mucha consistencia antes del cambio de color, reduciendo su resistencia al manipulado y su vida poscosecha. Los resultados expuestos demuestran la eficacia de la aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ antes del cambio de color sobre el retraso en el decaimiento del fruto, y no son distintos a los logrados en otros frutos climatéricos, como el tomate (Wills y col., 1997), y no climatéricos, como las mandarinas (Jackson y col., 1992).

La comparación de ambos tratamientos, GA_3 y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ no revela diferencias significativas entre ellos en la entrada en color del fruto. Los trabajos de Agustí y col. (2004a) indican 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 0,53 de los frutos tratados con GA_3 y 0,54 de los tratados con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (Fig. 8.14). Es más, ambas sustancias retardaron el inicio del climaterio, medido como la producción de etileno (Fig. 8.15), y el reblandecimiento de los tejidos del fruto (Fig. 8.16) con una intensidad similar. Tras la recolección, la resistencia de los frutos permane-

Figura 8.14. Efecto del ácido giberélico (10 mg/L), el nitrato cálcico (20 g/L) y su mezcla sobre la evolución del color del fruto del caqui 'Triumph'. Fecha de los tratamientos: 10 de octubre. Las barras verticales indican SED ($g=19$) (Agustí y col., 2004a).

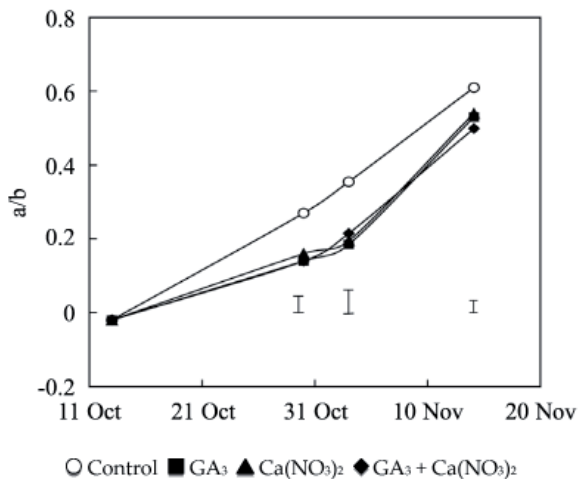


Figura 8.15. Influencia de la aplicación de 10 mg/L de ácido giberélico (AG) y nitrato cálcico (2%) (NC) sobre la producción de etileno del caqui 'Triumph'. Tratamientos realizados el 13 de octubre. Análisis realizados el día 29 de noviembre. Las barras indican el error estándar. Adaptado de Agustí y col. (2004a).

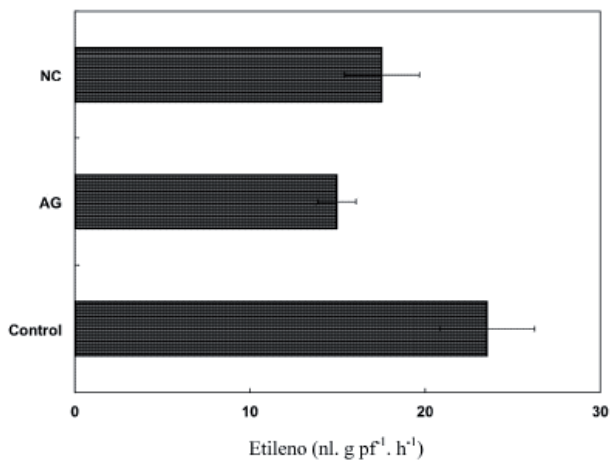
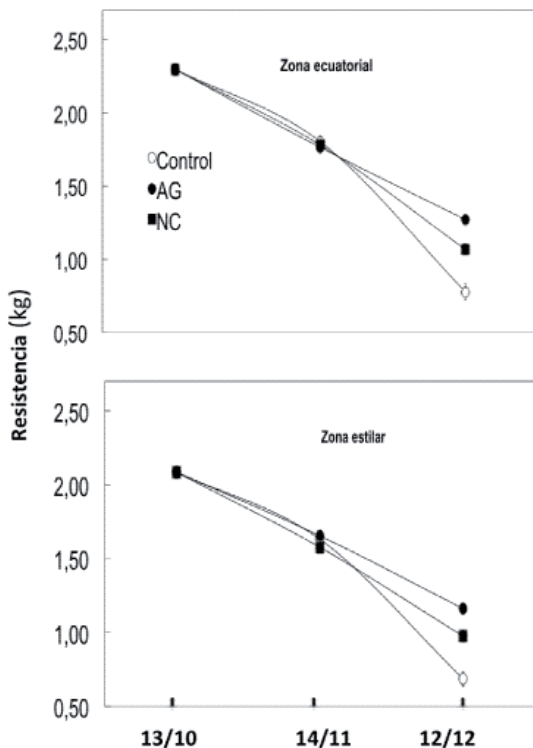


Figura 8.16. Influencia de la aplicación de ácido giberélico (10 mg/L) (AG) y nitrato cálcico (2%) (NC) sobre la evolución de las características del fruto maduro del caqui 'Triumph'. Fecha de los tratamientos: 13 de octubre. Fecha de la recolección: 14 de noviembre. Las barras verticales indican el error estándar (Agustí y col., 2004a).



ció significativamente más elevada en los tratados, al menos durante 25 días, sin que entre ellos se detectaran diferencias significativas (Agustí y col., 2004a). La mezcla de ambas sustancias no mejora la respuesta en comparación con los tratamientos individuales. Ni la coloración del fruto (Fig. 8.14) ni las características del fruto maduro, contenido en sólidos solubles totales y firmeza, son significativamente modificadas, y, en consecuencia, tampoco se modifica la fecha de recolección (Agustí y col., 2004a).

8.4. BIBLIOGRAFIA

- Agustí, M., Gariglio, N., Castillo, A., Juan, M., Almela, V., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C. 2003a. Effect of the synthetic auxin 2,4-DP on fruit development of loquat. *Plant Growth Regul.* 41:129-132.
- Agustí, M., Gariglio, N., Juan, M., Almela, V., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A. 2005. Effect of branch scoring on fruit development in loquat. *J. Hortic. Sci. & Biotechnol.* 80:370-374.
- Agustí, M., Juan, M., Almela, V., Andreu, I., Speroni, C. 1997. Estímulo del desarrollo de los frutos de hueso. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Agustí, M., Juan, M., Almela, V., Speroni, C. 1994. The effect of 2,4-DP on fruit development in apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Sci. Hort.* 57: 51-57.
- Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Almela, V. 2004a. Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruit. *Ann. Appl. Biol.* 144:65-69.
- Agustí, M., Juan, M., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Almela, V. 2004b. Persimmon fruit size and climacteric encouraged by 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid. *J. Hort. Sci & Biotechnol.* 79:171-174.
- Agustí, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Juan, M., Almela, V. 2003b. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Serie D.T., 55. Generalitat Valenciana, Valencia.
- Aznar, M., Almela, V., Juan, M., El-Otmani, M., Agustí, M. 1995. Effect of the synthetic auxin phenothiol on fruit development of 'Fortune' mandarin. *J. Hort. Sci.* 70:617-621.
- Ben-Arie, R., Bazak, H., Blumenfeld, A. 1986. Gibberellin delays harvest and prolongs storage life of persimmon fruits. *Acta Hort.* 179:807-813.
- Cassibba, L., Schiaparelli, A., Peyron, F. 1979. Experiments with 2-chloroethylphosphonic acid for acceleatin ripening in Stanley plums. *Fruticultura.*, 41:51-56.

- Climent, C., Llácer, G. 2001. Caqui. En: F. Nuez, G. Llácer (eds.), La Horticultura Española, SECH, Ed. de Horticultura, Reus.
- Chundawast, B.S., Singh, I.S., Chitkara, S.D. 1977. Effect of pre-harvest application of 2-chloroethylphosphonic acid (Ethrel) on ripening of two cultivars of plum (*Prunus sacilina*). Haryana J. Hort. Sci. 6:24-26.
- Crane, J.C., Marei, N., Nelson, M.M. 1970. Ethrel speeds growth and maturity of figs. Calif. Agric., March: 8.
- El-Otmani, M., Agustí, M., Aznar, M., Almela, V. 1993. Improving the size of 'Fortune' mandarin fruits by the auxin 2,4_DP. Sci. Hort. 55:283-290.
- El-Otmani, M., Coggins Jr. Ch.W., Agustí M., Lovatt, C.J. 2000. Plant growth regulators in citriculture: World current uses. Crit. Review Plant Sci. 19:395-447.
- Goren, R., Huberman, M., Goldschmidt, E.E. 2003. Girdling: Physiological and horticultural aspects. Hort. Rev. 30:1-36.
- Greene, L. 1937. Ringing and fruit setting as related to nitrogen and carbohydrate content of 'Grimes Golden' apples. J. Agric. Res. 54:863-875.
- Jackson P.R., Agustí, M., Almela V., Juan M. 1992. Tratamientos para mejorar la conservación del fruto de la mandarina 'Fortune'. Levante Agrícola 317:16-22.
- Jenseu, F.L., Kissler, J.J., Peacock, W.L., Leavitt, G.M., 1976. Effect of ethephon on color and fruit characteristics of 'Tokay' and 'Emperor' table grapes. Am. J. Enol. Vític. 26:79.
- Juan, M., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Reig, C., Agustí, M. 2009. Branch scoring encourages fruit development and climacteric in persimmon. Sci. Hort. 122:497-500.
- Juan, M., Yagüe, B., Gariglio, N., Almela, V., Agustí, M. 2002. Estímulo de la maduración del caqui (*Diospyros kaki* L.F.) mediante la aplicación de etefón. Frutic. Prof., 129:61-67.

- Lee, J.C., Lee, Y.B. 1980. Physiological study on coloration of plum fruits. I. Effect of ethephon on fruit composition and anthocyanin development in Santa Rosa plum (*Prunus salicina*). J. Korean Soc. Hort. Sci. 21:36-41.
- Llácer, G., Badenes, M.L. 2002. Situación actual de la producción de caquis en el mundo. Agric. Vergel 242:64-70.
- Marschner H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- Martin, G.F., Buchanan, D.W., Biggs, R.H. 1969. Peach fruit maturity as influenced by growth regulators. Proc. Fl. State. Hort. Soc. 82:260.
- McBride, R.L., Faragher, J.D. 1978. The sensory evaluation of 'Jonathan' and 'Delicious' apples treated with the growth regulator ethephon. J. Sci. Food. Agric. 29:465.
- Mir, N.A., Perez, R., Schawallier, P., Beaudry, R. 1999. Relationship between ethylene response manipulation and volatile production in Jonagol variety apples. J. Agric. Food Chemistry, 47:2653-2659.
- Mix G.P., Marschner H. 1976. Calciumgehalte in Früchten von Paprika, Bohnen, Quitte und Hagebutte im Verlauf des Fruchtwachstums. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 139:537-549.
- Mowat, A.D., George, A.P. 1996. Environmental physiology of persimmons. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand. Australia.
- Nicotra, A., Manzo, P., Daminao, C. 1976. Pere 'Coscia' più belle e precoci con l'Ethrel. Inf. Agrar. 32:229.
- Parmar, C., Bhutani, V.P. 1988. Induction of ripening in plum with preharvest application of 2-chloroethyl phosphonic acid. Haryana J. Hort. Sci. 17:150-154.

- Puech, A.A., Rebeiz, C.A., Crane, J.C. 1976. Pigment changes associated with application of ethephon [2-choloroethyl)phosphonic acid) to fig (*Ficus carica* L.) fruits. *Plant-Physiology*, 57:504-509.
- Ragazzini, D. 1985. *El Kaki*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Rivas, F., Gravina, A., Agustí, M. 2007. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency PSII in two Citrus cultivars. *Tree Physiol.* 27:527-535
- Schiaparelli, A., Schreiber, G., Bourlot, G. 1995. *Fitoregolatori in Agricoltura*. Edagricole, Bologna.
- Shanmugavelu, K.G., Chittiraichelvan, R., Rao, V.N.M. 1976. Effects of ethephon latex stimulant on papaya. *J. Hort. Sci.* 51:425.
- Sims, E.T., Gambrell, C.E., Stenbridge, G.E. 1974. The influence of (2-choloroethyl) phosphonic acid on peach quality and maturation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:152-155.
- Testoni, A., Sozzi, A. 1979. Ripening process in persimmon fruits accelerated by growth regulators treatment. *Atti dell'Istituto sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli Milano* 2:237-246.
- Wallerstein, I., Goren, R., Monselise, S.P. 1974. The effect of girdling on starch accumulation in sour orange seedling. *Can. J. Bot.* 52:935-937.
- Wang, Z., Dilley, D.R. 2001. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. *HortScience* 36:328-331.
- Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H., Scott, K.J. 1997. Use of calcium to delay ripening of tomatoes. *HortScience* 12:551-552.

9 FITÓFAGOS PLAGA ASOCIADOS AL CULTIVO DEL CAQUI

**Alejandro Tena, Meritxell Pérez-Hedo, Jose Catalán,
María Juan-Blasco y Alberto Urbaneja**

Centro de Protección Vegetal y Biotecnología
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

FITÓFAGOS PLAGA ASOCIADOS AL CULTIVO DEL CAQUI

El caqui no había presentado hasta la fecha demasiados problemas causados por fitófagos plaga. Sin embargo, durante los últimos años se han detectado problemas importantes con algunos fitófagos que han alcanzado la categoría de plaga. Entre ellos destacan las cochinillas algodonosas o cotonets (*Planococcus citri*, *Pseudococcus longispinus*, *Pseudococcus viburni* y/o *Delottococcus aberiae*) y la barreneta (*Cryptoblabes gnidiella*). Los cotonets provocan la maduración prematura y caída de los frutos, así como la proliferación de otras plagas como la barreneta. En el caqui podemos encontrar también otras plagas como la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*), que requiere una atención especial para su control durante el período de susceptibilidad del fruto. A pesar que la suelta de machos estériles y la colocación de trampas quimioesterilizantes o de captura masiva han conseguido reducir la población de mosca de la fruta a niveles inferiores a los de hace unos años, en ocasiones es necesario realizar tratamientos cebo a base de proteínas hidrolizadas. De forma anecdótica pueden detectarse algunas cochinillas como *Saissetia oleae* y *Parthenolecanium corni* o larvas de algunos coleópteros que provocan daños en madera. En este capítulo se recoge la información necesaria para identificar las principales plagas que atacan al caqui y mejorar su gestión integrada.

9.1 COTONETS / COCHINILLAS ALGODONOSAS

En las parcelas de caqui de la Comunitat Valenciana se han identificado cuatro especies de cochinillas algodonosas: *Planococcus citri* Risso, *Pseudococcus longispinus* Targioni-Tozzetti, *Pseudococcus viburni* Signoret y *Delottococcus aberiae* (De Lotto) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Romero-Colomer y col. 2010, García-Martínez y col. 2015). Todas estas especies forman masas algodonosas en los frutos (Fig. 9.1), por lo que es relativamente difícil diferenciarlas entre sí. Observándolas con más detalle, las hembras adultas de *P. longispinus* se identifican por presentar dos filamentos caudales (1-1,2 x longitud del cuerpo) más largos que *P. viburni* (0,25-0,75 x longitud del cuerpo). Los filamentos caudales de *D. aberiae* son más cortos que los de *P. viburni*, pero más largos que los de *P. citri* (filamentos caudales igual que los laterales). Además, la línea dorsal característica de las hembras de *P. citri* y *P. longispinus* está ausente en el caso de *P. viburni* y *D. aberiae* (Beltrà y Soto, 2012).

Figura 9.1. Masa algodonosa característica de cotonet o cochinilla algodonosa en el cáliz de un fruto de caqui.



Las cochinillas algodonosas que atacan al caqui son polífagas y se han citado en más de 150 plantas hospedadoras (Beltrà y Soto, 2012). En nuestras zonas era habitual encontrar problemas de *P. citri* en caquis próximos a parcelas de cítricos, ya que es una plaga importante en este cultivo (Alonso-Muñoz y col., 2004). Sin embargo, en la campaña 2014, en campos donde no se ha aplicado ningún método de control se han llegado a alcanzar porcentajes de destrío considerables (García-Martínez y col., 2015). A diferencia de otras plagas que aparecen de forma anecdótica o están catalogadas como secundarias, el cotonet parece incrementar el daño económico año tras año.

Las cochinillas algodonosas se alimentan de la savia de la planta y segregan una gran cantidad de melaza con un alto contenido en azúcares. Sobre esta capa de melaza se desarrollan hongos saprófitos, que forman un fieltro negro característico conocido coloquialmente como 'negrilla'. Los frutos manchados por negrilla pierden calidad comercial y cuando se forman colonias bajo los sépalos pueden madurar prematuramente (Alonso-Muñoz y col., 2004; García-Martínez y col., 2015).

El crecimiento de los machos y hembras de las cochinillas algodonosas es prácticamente idéntico durante los dos primeros estadios ninfales. Las ninfas de primer estadio tienen una gran movilidad y son las que migran, principalmente por las ramas y hojas, hasta llegar a nuevas flores y frutos. A finales del segundo estadio ninfal, la ninfa macho se oscurece ligeramente en comparación a la hembra. El macho pasa por una segunda, tercera y cuarta muda a partir de la cual emerge el macho que es alado y de una coloración pardo-rojiza. La ninfa de tercer estadio hembra ya es similar a la hembra adulta, pero de menor tamaño. La hembra adulta es de forma ovalada, posee una segmentación bien definida en el dorso y está cubierta por una secreción cérea (Fig. 9.2). Los machos buscan de forma activa a las hembras maduras para fecundarlas. Tras la fecundación, la hembra forma una masa algodonosa en la cual depositará los huevos (ovisaco). La emergencia de las ninfas se localiza en zonas resguardadas, principalmente debajo de los sépalos (Figs. 9.1 y 9.2) y en las zonas de

Figura 9.2. Ninfa aislada de cotonet o cohinilla algodonosa situada debajo de los sépalos de un fruto de caqui.



Figura 9.3. *Cryptolaemus montrouzieri*, coccinélido depredador de cotonets.



contacto entre frutos o entre hojas y frutos. Todas estas cochinillas algodonosas desarrollan varias generaciones al año.

Las cochinillas algodonosas suelen aparecer con mayor frecuencia en plantaciones adultas poco ventiladas, por lo que se recomienda realizar una poda adecuada para mejorar su control (Capítulo 5). En algunas situaciones puede ser interesante colocar materiales pegajosos alrededor de los troncos para evitar el paso de las hormigas, ya que estos insectos favorecen el desarrollo las cochinillas algodonosas (Tena y col., 2013a). En el caso de ataques intensos pueden realizarse sueltas del coccinélido depredador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) (Fig. 9.3) o los parasitoides *Anagyrus pseudococci* (Girault) y *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) (Romero-Colomer y col., 2010). Si las medidas culturales y biológicas descritas anteriormente no consiguen reducir las poblaciones de cotonets, los productos fitosanitarios autorizados que pueden emplearse en caqui son azadiractin y polisulfuro de calcio, este último únicamente en aplicaciones de invierno. En las últimas campañas se han autorizado de forma excepcional y temporal espirotetramat y metil clorpirifos (MAGRAMA, 2015).

9.2. MOSCA DE LA FRUTA (*Ceratitis capitata*)

La mosca de la fruta, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), debe controlarse en la época en la que el fruto está maduro (Alonso-Muñoz y col., 2004; Romero-Colomer y col., 2010). Las hembras adultas depositan los huevos (Fig. 9.4) bajo la corteza de los frutos dentro de los cuales transcurre el estado larvario. El huevo de *C. capitata* es de color blanquecino y tiene forma ovoidea, su tamaño medio es de 0,2 mm de ancho y 1 mm de largo (Fig. 9.5). Al eclosionar el huevo, la larva se alimenta del fruto y una vez desarrollada, salta del fruto para pupar en el suelo. La larva es de color blanco o amarillento y ápoda. Efectúa dos mudas hasta alcanzar su completo desarrollo. La longitud media de la fase larvaria L3 es de 7-9 mm (White y Elson-Harris 1992) (Fig. 9.5). La pupa tiene forma elipsoidal, con la super-

ficie lisa. Su color vira del blanquecino al marrón oscuro conforme aumenta la edad de la pupa. Su longitud media es de 4-4,3 mm de longitud y 2-2,4 mm de ancho (Thomas y col., 2001; Chueca, 2007) (Fig. 9.5). El adulto muestra en el tórax bandas de colores amarillo, blanco y negro. En la zona dorsal del tórax tiene pelos. Las alas son transparentes, con manchas ahumadas y bandas amarillentas. En el abdomen presenta bandas transversales de color gris y pardo. Tienen los ojos iridiscentes. La longitud del adulto es de entre 4 y 5 mm. Como en el resto de dípteros, los adultos de *C. capitata* sólo presentan dimorfismo sexual en el estado adulto. Los machos, como carácter de dimorfismo sexual, poseen unas quetas supra-orbitales negras con forma de espátula en la parte distal. La hembra, posee un prominente oviscapto retráctil de forma triangular que utiliza para perforar los frutos y realizar la puesta (Mau y Kessing, 1992) (Fig. 9.4).

Este díptero tefrítido tiene un impacto económico importante sobre diferentes cultivos ya que presenta un ciclo de vida con una capacidad repro-

Figura 9.4. Hembra de *Ceratitis capitata* realizando la puesta de huevos sobre un fruto de caqui.



Figura 9.5. Estados de desarrollo de *Ceratitis capitata*. **A)** Huevo **B)** Larva sobre sustrato de pupación empleado para la cría masiva de la mosca **C)** Pupas en salvado fino de trigo procedente de la cría masiva.



ductiva explosiva, es capaz de infestar un gran número de hospederos, tiene una gran habilidad de dispersión a largas distancias de forma natural como adultos, o de forma indirecta movidos dentro del hospedero vegetal infestado (en forma larvaria) (Klassen y Curtis, 2005).

Los machos adultos se agrupan en la superficie de las hojas y frutos formando lo que comúnmente se conoce con la palabra inglesa 'lek' donde emiten feromonas sexuales. Las hembras son atraídas a los 'leks' y después de un proceso de cortejo por parte del macho eligen una pareja para la cópula.

El desarrollo del huevo, larva y pupa cesa a temperaturas menores de 10°C. Las hembras sólo realizan la puesta a temperaturas superiores a los 16°C. En condiciones de temperatura favorables (24-26°C) la duración de la fase de huevo, larva y pupa dura 1,5-3, 6-10, y 6-13 días, respectivamente. Aproximadamente el 50% de los adultos mueren durante los dos primeros meses de vida. Algunos adultos pueden vivir incluso hasta los seis meses, o incluso más bajo condiciones favorables de alimento, agua y temperaturas bajas (Christenson y Foote, 1960; Thomas y col., 2001; Duyck y Quilici, 2002).

En España, *C. capitata* se encuentra distribuida por toda la costa este y sur del país, zona dominada por una amplia variedad de frutales cítricos en coexistencia con otros frutales (cítricos, caquis, albaricoqueros, ciruelos, higueras,

Figura 9.6. Síntoma de las picaduras de puesta de la hembra de *Ceratitis capitata* en un fruto de caqui.



azufaiños, melocotoneros, nísperos) (Martínez-Ferrer y col., 2010). La estrategia de vida de *C. capitata* incluye cambiar de especie hospedero a lo largo del año ya que la larva se desarrolla sólo en el interior de frutos maduros. En las regiones del Levante Español se han observado de cinco a ocho generaciones anuales basándose en el seguimiento del vuelo de los adultos capturados en trampas. Esta población presenta entre uno y dos picos máximos de población (sólo en verano, o en verano y otoño) en función de la presencia o ausencia de hospederos alternativos (Martínez-Ferrer y col., 2007).

Los daños ocasionados por *C. capitata* en el caqui afectan directamente al fruto. Las picaduras de las hembras para la puesta de los huevos causan un pequeño orificio en la superficie del fruto (casi imperceptible en el caqui) que desencadena en una reacción necrótica a su alrededor lo que hace que pierda completamente su valor comercial (Fig. 9.6). Por otra parte, los agujeros de puesta realizados por las hembras (Fig. 9.6) sirven de entrada a microorganismos en el interior del fruto que junto a la des-

Figura 9.7. Daño producido por la descomposición de la pulpa provocada por la actividad alimenticia de las larvas de *Ceratitis capitata*.



composición de la pulpa provocada por la actividad alimenticia de la larva dan lugar a pudriciones que favorecen los procesos de oxidación (Fig. 9.7) y la maduración y caída prematura del fruto.

Las características biológicas de *C. capitata* descritas anteriormente dificultan la gestión de la plaga. Hasta hace relativamente poco tiempo, el control de *C. capitata* se ha basado en las aplicaciones cebo por vía aérea y terrestre de plaguicidas organofosforados (e.g. malation) (Chueca y col., 2007). Con este tipo de tratamientos, las reinfestaciones de los cultivos por la plaga se repetían continuamente y con ellas las aplicaciones de insecticidas sin que se llegase a controlar la plaga satisfactoriamente, ya que cada brote se trataba de forma aislada. Además, el desarrollo de resistencias a malation en poblaciones naturales del díptero provocó la

disminución de su eficacia y un aumento en el número de tratamientos necesarios para controlar a la plaga (Ortego y col., 2005; Magaña y col., 2007). Por todo ello, actualmente el control de *C. capitata* se aborda desde un punto de vista integrado. La Gestión Integrada de Plagas (GIP) consiste básicamente en la aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, culturales y de selección del material vegetal, de modo que la utilización de productos fitosanitarios se limite al mínimo necesario (Tena y col., 2011).

La importancia de la mosca de la fruta como plaga en los principales cultivos de la Comunitat Valenciana conlleva que se mantenga un sistema de control oficial de sus poblaciones por parte de la administración pública. La Conselleria de Presidencia, Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua inició en 2003 el Plan Integral de Actuación contra la Mosca de la Fruta basado fundamentalmente en el uso del control autocida o Técnica del Insecto Estéril (TIE). Además, el plan contempla el seguimiento de poblaciones, los tratamientos terrestres localizados con fitosanitarios, el trampeo masivo, el trampeo en fincas de agricultura ecológica, el trampeo químioesterilizante y el control biológico (Primo-Millo y col., 2003; Urbaneja y col., 2012). Los efectos de este plan de GIP aplicado principalmente en cítricos se han observado también en otros cultivos colindantes como el caqui.

El control autocida o TIE consiste en la suelta periódica en campo de un gran número de machos de *C. capitata* esterilizados para que copulen con las hembras de la población salvaje y de este modo éstas pongan huevos inviables, provocando un descenso de la población en las siguientes generaciones (Knipling 1955). El programa TIE de la Comunitat Valenciana se aplica sobre unas 152.500 hectáreas y tiene la capacidad de producir alrededor de 540 millones de pupas de machos estériles semanales (Argilés y Tejedo, 2007; GVA, 2012).

Aunque la acción de los enemigos naturales es insuficiente para controlar por completo los daños producidos por *C. capitata*, se considera que realizan un papel importante en la disminución de las poblaciones presentes en campo (Urbaneja y col., 2012).

Hasta la fecha, los diversos intentos de importar parasitoides exóticos [*Diachasmimorpha tryoni* (Cameron), *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmed) y *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae)] en España han tenido distintos resultados pero en ningún caso han conseguido mantener a la plaga por debajo de su umbral económico de daño. Entre los parasitoides autóctonos los más abundantes son los pteromálidos: *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) y *Spalangia cameroni* Perkins, ambos parasitoides de pupas (Beitia y col., 2003; 2007).

Como depredadores polífagos autóctonos de larvas y pupas de mosca de la fruta se han citado a hormigas, carábidos, estafilínidos y arañas (Urbanaja y col., 2006). En la Comunitat Valenciana, se ha demostrado la actividad depredadora de la araña *Pardosa cribata* Simon (Araneae: Lycosidae) sobre las pupas de *C. capitata* así como del carábido *Pseudophonus rufipes* (De Geer) (Coleoptera: Carabidae) sobre los adultos recién emergidos del pupario (Monzó y col., 2010; 2011).

Los microorganismos entomopatógenos tales como las especies de hongos *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) A.H.S. Br. & G. Sm. y la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner presentan actividad entomopatógena sobre larvas, pupas y/o adultos de *C. capitata* (Quesada-Moraga y col., 2006, Vidal-Quist y col., 2010). En España, formulados de *B. bassiana* están registrados y autorizados para su uso frente a *C. capitata* (MAGRAMA, 2015).

El trampeo para el seguimiento de las poblaciones sirve para detectar la presencia de la mosca, para obtener información de los niveles de las poblaciones en campo, y para crear barreras entre áreas infestadas y áreas libres de la plaga (Martínez-Ferrer y col., 2007). Las trampas Nadel cebadas con la paraferomona sexual Trimedlure, que atrae principalmente a los machos, se emplean actualmente para el seguimiento de poblaciones de *C. capitata* con una densidad superior a 1 trampa cada 200 ha (GVA, 2012). El trampeo masivo se emplea para reducir las poblaciones de *C. capitata* mediante la captura de adultos. En la Comunitat Valenciana se emplean trampas Tephri cebadas con un atrayente alimenticio (compuesto de: acetato amónico, tri-

metilamina y putrescina) que atrae principalmente a hembras y, en menor medida, a machos. Estas trampas se distribuyen con una densidad de 40-50 trampas/ha en las áreas de cultivo de caqui, uva de mesa y variedades tempranas y extratempranas de cítricos (Navarro-Llopis y col., 2008; GVA, 2012). El trameo masivo denominado de ‘atracción y muerte’ se emplea en las parcelas de cultivo ecológico. Son trampas desechables que instalan con una densidad de 200 trampas/ha y realizan una atracción selectiva de la mosca mediante la utilización de feromonas específicas (GVA, 2012).

El método de quimioesterilización consiste en reducir las poblaciones de *C. capitata* por contacto con la sustancia quimioesterilizante lufenuron. Los adultos de *C. capitata* son atraídos a las trampas por medio de atraentes sexuales y/o alimenticios (Navarro-Llopis y col., 2004). Se recomienda colocar de 20-24 trampas/ha (GVA, 2012).

Los métodos culturales practicados tradicionalmente en la Comunitat Valenciana consisten en la eliminación de los frutos dañados o caídos al suelo y en la eliminación de árboles aislados (higueras, nísperos, azufaiños, etc.) colindantes a las parcelas comerciales que actúan como reservorio de la plaga. Esta práctica evita que las hembras encuentren un hospedero alternativo donde poner los huevos y disminuye la población de moscas (Chueca, 2007; Tena y col., 2011).

Actualmente, las aplicaciones foliares de productos fitosanitarios para el control de *C. capitata* no es el sistema más recomendable ni deseable dentro de un programa de GIP. Únicamente deben emplearse cuando los daños no puedan evitarse por medio de otros métodos alternativos como los descritos anteriormente (trampas, TIE, etc.).

Existe una gran variedad de compuestos registrados en España para el control químico de *C. capitata* mediante tratamientos terrestres localizados. De todos ellos, en caqui pueden emplearse azadiractin, lambda cihalotrin (máximo una aplicación por campaña), etofenprox (máximo dos aplicaciones por campaña) mediante tratamientos de parcheo con cebo de proteínas hidrolizadas y lufenuron para su uso dentro de trampas quimioesterilizantes (MAGRAMA, 2015).

9.3. OTRAS COCHINILLAS

9.3.1. *Saissetia oleae*

La caparreta negra, *Saissetia oleae* Olivier (Hemiptera: Coccidae), es una plaga que afecta numerosos cultivos leñosos de importancia económica. Las ninfas de la caparreta negra son de color anaranjado-parduzco (Fig. 9.8) y se pueden diferenciar del resto de cóccidos porque tras la primera muda aparecen las quillas características en forma de H. Las hembras adultas sin huevos presentan un color ceniciento claro al principio que posteriormente se oscurece. Las hembras adultas con huevos tienen un cuerpo ovalado (2-5 mm de largo, 1-4 mm de ancho) y marcadamente abombado (1-2,5 mm de alto) con tres quillas en forma de H y de color negro brillante (Fig. 9.8). (Tena, 2007).

La caparreta negra es una especie ovípara y partenogenética, es decir, las hembras no fecundadas ponen huevos de los que únicamente salen hembras. La caparreta negra pasa por tres estadios ninfales antes de alcanzar el estado de adulto. Las hembras pueden albergar entre 500 y 2500 huevos en el espacio entre el escudo y la planta (Tena y col., 2007). En el caqui

Figura 9.8. Hembras adultas y ninfas de la caparreta negra *Saissetia oleae*.



Figura 9.9. Rama y frutos de caqui cubiertos de negrilla debido a la presencia de caparreta negra.



la caparreta negra presenta una o dos generaciones al año y la principal salida de ninfas del escudo de las hembras se produce a principios de verano. A diferencia de lo que ocurre en cítricos y olivo, en el caqui las poblaciones de la caparretas quedan desprotegidas durante el invierno por la caída de las hojas (Alonso-Muñoz y col., 2004).

Los daños producidos por la caparreta negra se deben a la secreción de melaza y a la consiguiente formación de negrilla en la superficie de los frutos (Fig. 9.9). Por lo general no se recomienda realizar tratamientos fitosanitarios contra *S. oleae* en el caqui ya que hay una gran cantidad de enemigos naturales capaces de controlar sus poblaciones. Los principales enemigos naturales son los parasitoides del género *Metaphycus* (Hymenoptera: Encyrtidae) y el himenóptero depredador de huevos *Scutellista caerulea* Fonscolombe (Hymenoptera: Pteromalidae) (Tena y col., 2008). En general, son recomendables las podas de aireación para mejorar el control de las cochi-

nillas. En caso de ser necesario realizar tratamientos fitosanitarios, pueden emplearse los mismos productos indicados anteriormente para el control de las cochinillas algodonosas (MAGRAMA, 2015).

9.3.2. *Parthenolecanium corni*

La caparreta marrón *Parthenolecanium corni* (Bouche) (Hemiptera: Coccidae) es una cochinilla similar a la caparreta negra, pero de mayor tamaño y por lo general no suele producir daños. Se ha encontrado de forma puntual en algunas plantaciones de caqui en Carlet y L'Alcúdia (Romero-Colomer y col. 2010).

Las ninfas de *P. corni* son muy parecidas a las de la caparreta negra y no pueden diferenciarse fácilmente hasta el tercer estado. Las hembras adultas tienen el cuerpo abombado-globoso pero son de mayor tamaño que la caparreta negra, marrones y no tienen la forma característica de H en las quillas (Fig. 9.10). Se localizan habitualmente en las ramas y hojas pero no pasan al fruto (Alonso-Muñoz y col., 2004). Se desconoce cuál es el ciclo

Figura 9.10. Hembra de la cochinilla *Parthenolecanium corni* sobre una rama de caqui.



biológico de la caparreta marrón en los caquis de la Comunitat Valenciana, pero estudios realizados en Italia indican que tiene una generación al año y la salida de ninfas se produce en febrero-marzo (Tremblay, 1988).

La caparreta marrón también segrega melaza y por lo tanto, los daños que provocan en el caqui son los mismos que los descritos anteriormente para otras cochinillas. Los enemigos naturales son los mismos los de la caparreta negra. Por lo general, las poblaciones se mantienen controladas y no es necesario realizar tratamientos fitosanitarios. En caso de infestaciones puntuales se recomienda realizar podas de aireación para mejorar su control (Capítulo 5).

9.3.3. *Ceroplastes sinensis*

La cochinilla blanca, *Ceroplastes sinensis* Del Guercio (Hemiptera: Coccidae), forma colonias que pueden aparecer esporádicamente en las plantaciones del caqui, sobre todo en parcelas cercanas a cítricos aunque generalmente sin ocasionar daños (Alonso-Muñoz y col., 2004; Romero-Colomer y col., 2010). Las ninfas producen cera filamentosa que queda adherida al cuerpo en forma triangular dándoles el aspecto de una estrella. A partir del segundo y tercer estadio las ninfas presentan tres secreciones céricas laterales simples. Las hembras adultas de la cochinilla blanca tienen un cuerpo ovalado y marcadamente abombado (3-7 mm de largo) con varias placas

Figura 9.11. Aspecto de la ninfa y la hembra adulta de caparreta blanca *Ceroplastes sinensis* en un brote de caqui.



céreas y blanquecinas que recubren su cuerpo (Fig. 9.11). Al levantar el escudo de la hembra, se puede observar su cuerpo rojizo y la puesta de huevos (Llorens, 1984).

A diferencia de los cóccidos descritos anteriormente, las ninfas de la caparreta blanca emergen en septiembre y solo tienen una generación al año. Las ninfas pasan por tres estados antes de llegar a adultos (Tena y col., 2013b). Los daños provocados por *C. sinensis* en el caqui se deben principalmente a la secreción de melaza y posterior desarrollo de negrilla. El pteromárido *S. caerulea*, cuyas larvas se alimentan huevos, y el encítido *Microterys nietneri* Motschulsky (Hymenoptera: Encyrtidae) son enemigos naturales habituales de la caparreta o cochinilla blanca. Algunos depredadores polífagos como coccinélidos y neurópteros pueden alimentarse de las ninfas. En general, *C. sinensis* no produce daños de importancia en el caqui, por lo que no suelen realizarse tratamientos fitosanitarios para su control. En los casos que pueda ser necesario actuar mediante una aplicación insecticida, ésta debería realizarse en otoño cuando todas las hembras reproductoras han perecido, los huevos han eclosionado y la mayoría de la población de *C. sinensis* está compuesta por ninfas de primer y segundo estado (Tena y col., 2013b).

9.3.4. *Coccus hesperidum*

La cochinilla blanda, *Coccus hesperidum* L. (Hemiptera: Coccidae), forma colonias que pueden aparecer ocasionalmente en el caqui pero no suelen causar daños de importancia (Alonso-Muñoz y col., 2004; Romero-Colomer y col. 2010). Las ninfas de la cochinilla blanda son aplanadas, ovales y de color naranja-amarillo claro (Llorens, 1984) (Fig. 9.12).



Figura 9.12. Ninfas de la caparreta blanda *Coccus hesperidum*.

La hembra adulta es de forma oval y ligeramente abombada por el centro, de 3-4 mm de largo y 2 mm de ancho. Su coloración de fondo es anaranjado y posee sobre el tegumento zonas más oscuras. La cochinilla blanda desarrolla varias generaciones anuales. Sus individuos tienden a agregarse y formar colonias, generalmente en las ramas, donde coexisten todos los estados de desarrollo. Las ninfas de la cochinilla blanda pasan por tres estados antes de alcanzar su forma adulta. La eclosión de los huevos es muy rápida, por lo que es difícil encontrar puestas bajo las hembras adultas (Tena y col., 2013b).

Los daños de la cochinilla blanda están causados por la secreción de melaza y posterior desarrollo de neegrilla. El parasitoides *Metaphycus flavus* (Hymenoptera: Encyrtidae) es el principal enemigo natural de la cochinilla blanda. Otros parasitoides de la cochinilla blanda son: *Metaphycus helvolus* Compere, *Microtery nietneri* (Hymenoptera: Encyrtidae) y *Coccophagus* spp. (Hymenoptera: Aphelinidae), si bien estos últimos pueden actuar como hiperparasitoides de los primeros (Tena y col., 2013b). En general, los daños producidos por la cochinilla blanda en caqui son poco importantes y no suele ser necesario realizar tratamientos fitosanitarios para su control (Alonso-Muñoz y col., 2004; Romero-Colomer y col. 2010).

9.4. COLEÓPTEROS

9.4.1. *Apate monachus*

El coleóptero xilófago *Apate monachus* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) está ampliamente distribuido en América, África, Oriente próximo y Europa. Causa daños en numerosos cultivos leñosos y plantas forestales. En nuestras condiciones, este insecto tiene poca relevancia como plaga del caqui, ya que sólo ocasiona daños de forma esporádica. Las larvas son blancas y con manchas rojizas, ápodas, de unos 2 cm de longitud y en la que destacan unas fuertes mandíbulas de color oscuro. Los adultos son pequeños escarabajos, de forma cilíndrica y de 1-2 cm de longitud (Fig. 9.13), y siempre algo mayores las hembras que los machos. Su coloración es oscura, entre ocre y negro. En las dos alas anteriores, los élitros, destacan unos puntos bien marcados de color más claro (De Liñan, 1998). Los adultos tienen un

Figura 9.13. Adulto de *Apate monachus* perforando un tronco de caqui.



marcado dimorfismo sexual; las hembras presentan un denso grupo de sedas largas y erectas en la cabeza y unas crestas en los élitros más pequeñas. Los machos poseen dos protuberancias con forma de gancho en los bordes anteriores del pronoto.

Los detalles de la biología de *A. monachus* son poco conocidos, debido probablemente a la poca importancia económica de esta plaga. Las larvas se alimentan fundamentalmente de madera muerta o muy debilitada y no suelen alimentarse de árboles con buen estado sanitario. El adulto puede vivir alrededor de 40 días y desarrolla una gran actividad nocturna. Por el día permanecen en galerías en el interior de la madera de los árboles infestados, donde suele tener lugar la cópula. Las hembras salen de las galerías y ponen los huevos en ramas secas presentes en la copa del árbol y en los restos de poda que quedan en el suelo de la parcela. En nuestras condiciones se ha determinado la existencia de una única generación anual de este insecto (Beitia y col. 2004).

El daño producido por este coleóptero en el caqui son las galerías perforadas por el insecto adulto en las ramas del árbol, y que junto a la acción del viento y el peso de la fruta puede causar la rotura de las mismas. La presencia de *A. monachus* en la parcela se determina por la observación de las galerías en las ramas del árbol, la acumulación de serrín en la base del árbol y, en ocasiones, por la emisión de goma en los árboles atacados (Alonso-Muñoz y col., 2004). En nuestras condiciones, este insecto no suele producir daños de importancia en el caqui ya que sus poblaciones no llegan a alcanzar niveles que puedan comprometer la viabilidad del cultivo. En general no es necesario realizar tratamientos fitosanitarios y es suficiente con adoptar medidas de control cultural como son la eliminación de ramas afectadas de los árboles y los restos de poda en la parcela.

9.5. LEPIDÓPTEROS

9.5.1. *Cryptoblabes gnidiella*

Conocida como la polilla de la melaza, *Cryptoblabes gnidiella* Mill. (Lepidoptera: Pyralidae), es un lepidóptero cuyo adulto presenta unas alas anteriores estrechas y de color gris oscuro, con dos bandas oblicuas más

Figura 9.14. Larva de lepidóptero *Cryptoblabes gnidiella* sobre caqui.



oscuras y bordeadas de color claro. Las alas posteriores son de color claro. Tiene una envergadura alar que oscila entre los 12 y 14 mm. La larva pasa por seis estadios, tiene un color rosado al inicio del ciclo que va tornándose en pardo terroso conforme evoluciona (Fig. 9.14). Presenta una línea dorsal parduzca y otras dos dorsolaterales muy marcadas. Su longitud final oscila entre los 8 y 12 mm (De Liñan, 1998). La crisálida está formada por un capullo sedoso de color pardo claro. Esta especie de lepidóptero esta ampliamente distribuida por la cuenca del Mediterráneo y se encuentra sobre diversas plantas, destacando su presencia en la especie espontánea *Daphne gnidium* L. (torvisco). Además del caqui, también ha sido citado en algodón, cítricos, vid, granado, y otros frutales (Romero-Colomer y col. 2010). Los adultos depositan los huevos en grupo, observándose un comportamiento gregario en los primeros estadios que incluso puede dar lugar a pequeños nidos sedosos. Tiene hábitos crepusculares y nocturnos e hiberna en fase de larva en la corteza de las ramas del árbol. Presenta tres ciclos anuales, con un primer vuelo de los adultos a final de primavera y principio de verano. Las orugas de la generación estival prefieren alimentarse de frutos mientras que las procedentes de la segunda generación (invierno) atacan fundamentalmente a la hoja (De Liñan, 1998).

Las orugas de *C. gnidiella* se refugian en el cáliz y en los capuchones florales que quedan en la zona estilar del fruto. En estas partes del fruto es donde producen un mayor daño al alimentarse de la epidermis y producir excoriaciones irregulares de cierta profundidad. Estos daños deprecian el fruto comercialmente e inducen un adelanto de la maduración que suele ir asociado a un mayor ataque de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*). Cuando el ataque de *C. gnidiella* se produce en frutos maduros, el daño no se manifiesta con las excoriaciones descritas anteriormente, si no que aparece a modo de áreas de color anaranjado-rojizo (Alonso y col., 2004).

Factores como un crecimiento anormalmente lento del fruto o ausencia de vientos durante las semanas posteriores a la floración pueden favorecer que los capuchones florales no se desprendan completamente y se

den por tanto las circunstancias idóneas para el ataque de esta polilla en el caqui. Otros factores como la presencia de cotonet en frutos (Silva y Mexia, 1999), marcos de plantación excesivamente densos o copas muy frondosas favorecen el desarrollo esta plaga en la parcela. Aunque la presencia de *C. gnidiella* está extendida por las principales zonas de cultivo del caqui en nuestro país, sus daños rara vez son de importancia.

La repercusión de esta plaga en el cultivo del caqui es de poca importancia cuando se evita la permanencia de los capuchones florales en el fruto así como a la presencia de cotonet. El aclareo manual para corregir el exceso de frutos cuajados y el empleo del turbo atomizador con alto caudal de aire para realizar las aplicaciones en primavera (por ejemplo, de nutrientes vía foliar o fungicidas) son medidas culturales que ayudan a reducir la presencia de esta plaga. En caso de ser necesaria una intervención con productos fitosanitarios puede emplearse azadiractin y un formulado de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* kurstaki (MAGRAMA, 2015).

9.5.2. *Streblote panda*

El adulto de *Streblote panda* Hübner (Lepidoptera: Lasiocampidae) tiene una envergadura considerable, de unos 8 cm. Las orugas de este lepidóptero presentan como característica más destacable dos pares de penachos de pelos rojizos, brillantes y largos, y en su estado desarrollado pueden medir entre 8 y 10 cm. El invierno lo pasa en estado de crisálida, la oruga se envuelve en un capullo sedoso que suele localizarse en las ramas altas de los árboles de caqui (Alonso-Muñoz y col., 2004).

Se considera una especie polivoltina, que generalmente presenta dos generaciones al año, pudiendo llegar incluso a cuatro en función del huésped y la localización. Esta especie de lepidóptero se distribuye por la franja suroriental de la península ibérica y por el norte de África, desde la vertiente atlántica de Marruecos hasta Egipto. En la península habita generalmente en áreas de matorral aunque se han citado como huésped

numerosas plantas ornamentales, frutales y cítricos (Calvo, 2004). Las orugas producen daño directo sobre los árboles de caqui al alimentarse de las hojas de las cuales dejan solo la nervadura central. En general sus ataques son esporádicos y de poca intensidad y rara vez suponen un perjuicio económico en el cultivo. En nuestras condiciones no suele ser necesario realizar ninguna actuación para el control de este insecto en las plantaciones de caquis.

9.6. PLAGAS SECUNDARIAS

9.6.1. Diaspídeos

Se han descrito tres especies de diaspídeos en el cultivo del caqui en la Comunitat Valenciana: la cochinilla del olivo *Parlatoria oleae* (Colvee), el piojo blanco *Aspidiotus nerii* (Bouche), y el piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) (Alonso-Muñoz y col., 2004; Romero-Colomer y col. 2010). Las poblaciones del piojo blanco pueden ser ocasionalmente elevadas y afectar a los frutos. Cuando el piojo blanco se fija sobre los frutos produce unas manchas verdosas que destacan sobre el resto durante la maduración. El piojo rojo de California se ha encontrado en algunas parcelas de caqui, pero no parece probable que vaya a tener la misma repercusión que en los cítricos (Romero-Colomer y col., 2010).

9.6.2. *Gonocerus acuteangulus*

Es un heteróptero citado como plaga de caqui que produce daños en los frutos, sobre todo en primavera. Las picaduras realizadas al alimentarse del fruto provocan manchas y depresiones en la epidermis que provocan su destrucción comercial. Este insecto suele refugiarse en parcelas abandonadas, matorrales o linderos (Alonso-Muñoz y col., 2004). En nuestras condiciones, los daños producidos por *Gonocerus acuteangulus* (Goeze) (Hemiptera: Coreidae) en caqui pueden catalogarse de anecdóticos.

Figura 9.15. Adulto y ninfas de mosca blanca *Paraleyrodes minei* sobre hoja de caqui.



9.6.3. *Paraleyrodes minei*

Es un hemíptero de la familia Aleyrodidae. Esta mosca blanca se caracteriza porque realiza nidos con largos filamentos en los que se alojan los adultos y realizan sus puestas las hembras. Este fitófago se ha observado anecdóticamente sobre cítricos desde 1994, y recientemente se ha detectado su presencia sobre hojas de caqui en algunos campos de la Comunitat (Fig. 9.15).

9.6.4. Gorriones, estorninos y otras aves

Los gorriones y estorninos pueden causar daños en parcelas de caqui después del cambio de color cuando los frutos pueden ser un reclamo. El daño producido por estos vertebrados no suele afectar a más del 1 o 2 % de la producción, aunque este dato es muy variable dependiendo de la abundancia de las aves. Los frutos dañados quedan totalmente inservibles para su comer-

cialización. En algunas ocasiones, las yemas del inicio de la brotación también pueden verse afectadas por la acción de los pájaros en busca de alimento.

9.6.5. Caracoles

Los caracoles (*Theba* spp., *Helix* spp., etc.) pueden alimentarse de yemas, hojas y frutos maduros de caqui. Están considerados como plaga secundaria ya que sólo causan problemas en algunas parcelas en las que se mantiene cubierta vegetal en el suelo y las condiciones de humedad son propicias para su desarrollo, principalmente en primavera y otoño (Fig. 9.16).

9.6.6. Otros

En otros países donde se cultiva el caqui se consideran como plaga también otros fitófagos que, aunque también están presentes en España, no se han

Figura 9.16. Caracol sobre los sépalos de un fruto de caqui.



señalado como tal. En Italia se ha citado a sesia, *Synanthedon tipuliformis* (Clerck) (Lepidoptera: Sesiiidae), como el insecto más dañino en el cultivo del caqui, pudiendo provocar el decaimiento e incluso la muerte del árbol al realizar galerías debajo de la corteza. También *Cossus cossus* (L.) (Lepidoptera: Cossidae) se cita como plaga en este país. Este lepidóptero también provoca galerías subcorticales que, si rodean por completo el tronco, pueden causar la muerte del árbol (Ragazzini, 1985; Alonso y col., 2004). Algunas especies de trips, como *Heliethrips haemorrhoidalis* (Bouché) o *Scirtothrips dorsalis* (Hood) (Thysanoptera: Thripidae), han sido citadas como plaga en caqui en Nueva Zelanda, Israel o Japón (Ragazzini, 1985).

9.7. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Muñoz, A., García-Marí, E., Rodríguez-Reina, J.M. 2004. Las plagas del caqui. Bases para su protección Integrada en España. *Fruticultura profesional* 147:27-48.
- Argilés, R., Tejedo, J. 2007. La lucha de la mosca de la fruta mediante la técnica del insecto estéril en la Comunitat Valenciana. *Levante Agrícola* 385:157-162.
- Beitia, F., Falcó, J.V, Pérez-Hinarejos, M., Santiago, S., Castañera, P. 2003. Importación de parasitoides exóticos para el control biológico de *Ceratitidis capitata* en la Comunidad Valenciana. *Comunitat Valenciana Agraria* 24:10-15.
- Beitia, F.J., Verdú, M.J., Falcó, J.V. 2004. El taladro del caféto. *Terralia* 45:86-91.
- Beitia, F., Pérez-Hinarejos, M., Santiago, S., Garzón, E., Tarazona, I., Falcó, J.V. 2007. Control biológico con parasitoides. *Levante Agrícola* 385:145-150.
- Beltrà, A., Soto, A. 2012. Pseudocóccidos de importancia agrícola y ornamental en España. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

- Calvo, D. 2004. *Streblothe panda* Hübner [1820] (Lepidoptera, Lasiocampae) incidencia sobre plantas ornamentales y frutales en Andalucía Occidental, bases ecológicas y sugerencias para su control. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- Christenson, L.D., Foote, R.H. 1960. Biology of fruit flies. Annu. Rev. Entomol. 5:171-192.
- Chueca, P. 2007. Mecanización de métodos de control de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) en cítricos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Chueca, P., Montón, H., Ripollés, J.L., Castañera, P., Moltó, E., Urbaneja, A. 2007. Spinosad bait treatments as alternative to malathion to control the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin. J. Pestic. Sci. 32:407-411.
- De Liñan, C. 1998. Entomología agroforestal. Plagas de insectos y ácaros de los cultivos, montes y jardines. Ediciones Agrotécnicas, Madrid.
- Duyck, P.F., Quilici, S. 2002. Survival and development of different life stages of three *Ceratitis* spp. (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. Bull. Entomol. Res. 92:461-469.
- García-Martínez, O., Urbaneja, A., Beitia, F., Pérez-Hedo, M. 2015. Primeros pasos para la gestión integrada de *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) en caqui. Agrícola Vergel. 382: en prensa.
- GVA. Generalitat Valenciana. 2012. Campaña contra la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied). Conselleria d'Agricultura, Pesca, Alimentació i Aigua. Direcció general de producció agrària y ganadera.
- <http://www.caecv.com/docs/Campa%C3%B1a%20Trampeo%20Masivo%20Ceratitis%202012.pdf>
- Klassen, W., Curtis, C. 2005. History of the sterile insect technique. En: V.A. Dyck, J. Hendrichs, A.S. Robinson (eds.), Sterile insect technique.

Principles and practice in area-wide integrated pest management. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Knipling, E.F. 1955. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Entomol.* 48:459-462.

Llorens, J.M. 1984. Las cochinillas de los agríos. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Valencia.

Magaña, C., Hernández-Crespo, P., Ortego, F., Castañera, P. 2007. Resistance to malathion in field populations of *Ceratitis capitata*. *J. Econ. Entomol.* 100:1836-1843.

MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. Registro de productos fitosanitarios.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Martínez-Ferrer, M.T., Alonso-Muñoz, A., Campos, J.M., Fibla, J.M., García-Marí, F. 2007. Dinámica poblacional de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* en tres zonas cítricas mediterráneas. *Levante Agrícola* 385:92-98.

Martínez-Ferrer, M.T., Navarro, C., Campos, J.M., Marzal, C., Fibla, J.M., Bagues, L., García-Marí, F. 2010. Seasonal and annual trends in field population of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, in Mediterranean citrus groves: comparison of two geographic areas in eastern Spain. *Span. J. Agric. Res.* 8:757-765.

Mau, R., Kessing, J. 1992. *Ceratitis capitata* (Weidmann). <http://www.ex-tento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/ceratiti.htm>

Monzó, C., Sabater-Muñoz, B., Urbaneja, A., Castañera, P. 2010. Tracking medfly predation by the wolf spider, *Pardosa cribata* Simon, in citrus orchards using PCR-based gut-content analysis. *Bull. Entomol. Res.* 100:145-152.

- Monzó, C., Sabater-Muñoz, B., Urbaneja, A., Castañera, P. 2011. The ground beetle *Pseudophonus rufipes* revealed as predator of *Ceratitidis capitata* in citrus orchards. *Biol. Control* 56:17-21.
- Navarro-Llopis, V., Sanchis-Cabanes, J., Ayala, I., Casaña-Giner, V., Primo-Yúfera, E. 2004. Efficacy of lufenuron as chemosterilant against *Ceratitidis capitata* in field trials. *Pest. Manag. Sci.* 60:914-920.
- Navarro-Llopis, V., Alfaro, F., Domínguez, J., Sanchis, J., Primo, J. 2008. Evaluation of traps and lures for mass-trapping of Mediterranean fruit fly in citrus groves. *J. Econ. Entomol.* 101:126-131.
- Ortego, F., Magaña, C., Hernández-Crespo, P., Castañera, P. 2005. Detección de resistencia a insecticidas en *Ceratitidis capitata*: bases bioquímicas y moleculares. *Phytoma-España* 173:63-66.
- Primo-Millo, E., Argilés-Herrero, R., Alfaro-Lassala, F. 2003. Plan de actuación contra la mosca de las frutas (*Ceratitidis capitata*) en la Comunidad Valenciana. *Phytoma-España* 153:127-130.
- Quesada-Moraga, E., Ruíz-García, A., Santiago-Álvarez, C. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 99:1955-1966.
- Ragazzini, D., 1985. El kaki. Mundi-Prensa, Madrid.
- Romero-Colomer, F., Chomet-Boix, J.M., Monzó, C. 2010. Descripción de las plagas principales. P. 71-79. En: J.L. Porcuna (ed.), Guía de agricultura ecológica el caqui 2010. FECOAV, Valencia.
- Silva, E.B., Mexia, A. 1999. The pest complex *Cryptoblabes gnidiella* (Millière) (Lepidoptera:Pyralidae) and *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae) on sweet orange groves (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) in Portugal: Interspecific association. *Bol. San. Veg. Plagas* 25:89-98.

- Tena, A. 2007. Black scale *Saissetia oleae* (Hemiptera: Coccidae) on citrus and olives: population structure and biological control. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Tena, A, Soto, A., Vercher, R., García-Marí, F. 2007. Density and structure of *Saissetia oleae* (Hemiptera: Coccidae) populations on citrus and olives: relative importance of the two annual generations. *Environ. Entomol.* 36:700-706.
- Tena, A., Soto, A., García-Marí, F. 2008. Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: parasitoid species composition and seasonal trend. *Biocontrol* 53:473-487.
- Tena, A., Catalán, J., Urbaneja, A., Jacas, J. 2011. Gestión Integrada de plagas en cítricos: Aplicación práctica. *Phytoma-España* 230:30-35.
- Tena, A. 2013a. Pseudocóccidos. En: A. Urbaneja, J. Catalán, A. Tena, J. Jacas (eds.), *Gestión integrada de plagas de cítricos*. <http://gipcitricos.ivia.es>
- Tena A. 2013b. Cóccidos. En: A. Urbaneja, J. Catalán, A. Tena, J. Jacas (eds.), *Gestión integrada de plagas de cítricos*. <http://gipcitricos.ivia.es>.
- Tremblay, E. 1988. *Entomologia applicata*. Liguori Editore, Naples, Italia.
- Thomas, M.C., Heppner, J.B., Woodruff, R.E., Weems, H.V., Steck, G.J., Fasulo, T.R. 2001. Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* Wiedemann (Insecta: Diptera: Tephritidae). Fla. Depart. Agr. Cons. Serv., DPI. *Entomol. Cir.* 4 p.
- Urbaneja, A., García-Marí, F., Tortosa, D., Navarro, C., Vanaclocha, P., Bagues, L., Castañera, P. 2006. Influence of ground predators on the survival of the Mediterranean fruit fly pupae, *Ceratitidis capitata*, in Spanish citrus orchards. *Biocontrol* 51:611-626.
- Urbaneja A., Catalán, J., Tena, A., Jacas, J. 2012. *Gestión integrada de plagas de cítricos*. <http://gipcitricos.ivia.es>

- Vidal-Quist J.C., Castañera, P., González-Cabrera, J. 2010. Cyt1Aa protein from *Bacillus thuringiensis* (Berliner) serovar *israelensis* active against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). *Pest Manag. Sci.* 66:949-955.
- White I.M., Elson-Harris, M.M. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, UK.

10 ENFERMEDADES FÚNGICAS DE IMPORTANCIA EN CAMPO Y ALMACÉN

Antonio Vicent¹, José L. Mira¹, Verònica Taberner² y Lluís Palou²

¹ Centro de Protección Vegetal y Biotecnología

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

² Centro de Tecnología Post-recolección

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

ENFERMEDADES FÚNGICAS DE IMPORTANCIA EN CAMPO Y ALMACÉN

Actualmente, las enfermedades causadas por hongos son uno de los principales problemas fitosanitarios del caqui en nuestro país. El aumento exponencial de la superficie de cultivo y la escasa diversidad varietal han propiciado la aparición de nuevas patologías en este frutal. Por otra parte, con el aumento de la producción y el acceso a nuevos mercados de exportación más lejanos, se ha incrementado notablemente la duración del período de conservación frigorífica. Esta práctica ha tenido como consecuencia un aumento de la incidencia de patologías fúngicas de poscosecha.

10.1. ENFERMEDADES FOLIARES

10.1.1. La mancha foliar causada por *Mycosphaerella nawae*

Síntomas y daños

La mancha foliar del caqui se describió por primera vez en Japón, donde está considerada una importante patología de este cultivo (Ikata y Hitomi, 1929). Posteriormente se detectó en el sur de la península de Corea, de donde proceden la mayor parte de los trabajos publicados sobre la enfermedad (Kang y col., 1993; Kwon y Park, 2004). Las zonas de cultivo afectadas en Japón y Corea del Sur se caracterizan por inviernos relativamente fríos y veranos cálidos con elevada pluviometría, superior en muchos casos a los 1.500 mm anuales. Se han descrito también síntomas de la enferme-

Figura 10.1. Síntomas foliares causados por *Mycosphaerella nawae* en caqui 'Rojo Brillante'.



dad en Nueva Gales del Sur, Australia, pero la presencia del patógeno en este país no está confirmada oficialmente (Ullio, 2003). En España la mancha foliar se detectó por primera vez en 2008 en la comarca de la Ribera Alta, Valencia, causando graves pérdidas durante varias campañas (Berbe-gal y col., 2010). La aparición de la mancha foliar del caqui en nuestro país supuso la primera cita de la enfermedad en una región de clima árido.

Figura 10.2. Lesiones causadas por *Mycosphaerella nawae* en una hoja de caqui 'Tonewase'.



En nuestras condiciones, los primeros síntomas de la mancha foliar suelen aparecer a finales de agosto y principios de septiembre, siendo más precoz la expresión de síntomas en las parcelas sometidas a una mayor presión de la enfermedad. Las lesiones comienzan como áreas necróticas de color marrón claro, que van oscureciéndose en su zona perimetral. Las hojas afectadas adquieren un aspecto clorótico amarillento (Fig. 10.1). En algunas variedades como 'Tonewase' y 'Triumph', evolucionan a una coloración rojiza (Fig. 10.2). La severidad de los daños foliares aumenta progresivamente, en algunos casos de forma explosiva en unos pocos días. Las hojas sufren una abscisión prematura y los árboles se defolian anticipadamente (Fig. 10.3). En parcelas fuertemente afectadas es habitual ver árboles que han perdido todas sus hojas incluso a principios de octubre.

Aunque el patógeno no infecta directamente a los frutos, éstos sufren una maduración y abscisión anticipada inducida por las lesiones de las hojas y la defoliación (Fig. 10.3). La caída de frutos es mucho más intensa en las

Figura 10.3. Defoliación anticipada y caída de frutos en un árbol de caqui afectado por la mancha foliar.

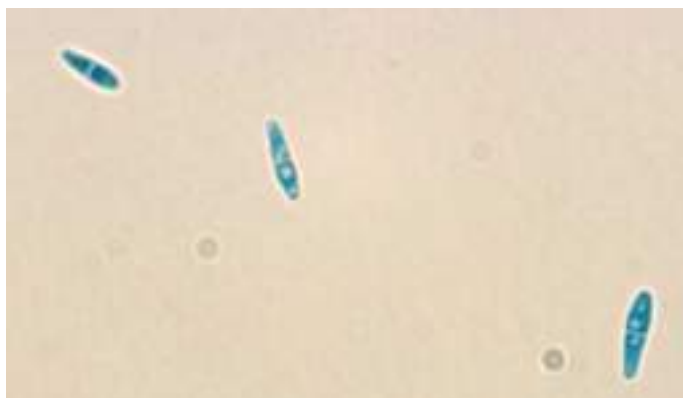


parcelas donde los síntomas foliares aparecen con mayor intensidad y de forma temprana. Los daños económicos de la enfermedad vienen determinados principalmente por la caída anticipada de los frutos. Durante los primeros años de la enfermedad era frecuente observar en nuestras zonas de cultivo parcelas de caqui donde prácticamente todos los frutos habían caído al suelo a mediados de octubre.

Agente causal y epidemiología

La mancha foliar del caqui está causada por el hongo *Mycosphaerella nawae* Hiura & Ikata. Esta especie fúngica se reproduce mediante esporas sexuales (ascosporas), que se forman dentro de cuerpos fructíferos (pseudotecios). Las ascosporas son bicelulares, hialinas y con unas dimensiones de $10-13 \times 3-4 \mu\text{m}$ (Fig. 10.4). Los pseudotecios de *M. nawae* se forman en la hojarasca infectada que queda en el suelo tras la defoliación de los árboles. El proceso de maduración de las ascosporas es lento y está influido por los regímenes de temperatura y humedad propios de cada año y cada región. En estudios de laboratorio se ha demostrado que son necesarias temperaturas superiores a 10°C y al menos 1 mm de agua para la liberación de las ascosporas (Vicent y col., 2011). En las condiciones de Corea del Sur, las ascosporas se liberan desde principios de mayo a

Figura 10.4. Fotografía microscópica de ascosporas de *Mycosphaerella nawae* (x 400).



mediados de agosto, con un máximo de capturas desde junio a mediados de julio. Las temperaturas superiores a 15°C y la lluvia son los principales factores asociados a la liberación de ascosporas en esa región (Kang y col., 1993; Kwon y col., 1995; Kwon y Park, 2004). En nuestras condiciones de clima árido, la liberación de las ascosporas se produce desde finales de marzo hasta mediados de julio, aunque la mayor parte se concentra en los meses de abril y mayo. Esto supone aproximadamente un mes de adelanto respecto a Corea del Sur, debido principalmente a las temperaturas más altas propias de nuestras zonas de cultivo (Vicent y col., 2012).

Una vez liberadas, las ascosporas se diseminan siguiendo las corrientes de aire e infectan las hojas del caqui si las condiciones de temperatura y humedad son adecuadas. En nuestras zonas de cultivo, las infecciones se producen principalmente durante los meses de abril, mayo y junio, con temperaturas alrededor de 15-25°C. La severidad de las infecciones es mayor en los años con primaveras lluviosas, aunque los rocíos prolongados pueden favorecer también las infecciones. Si bien las infecciones se producen en primavera, los síntomas de la mancha foliar no son visibles hasta finales de agosto o principios de septiembre. Esto supone un periodo de incubación de más de cuatro meses (Kwon y Park, 2004; Vicent y col., 2012).

En Corea del Sur se ha descrito también una reproducción de tipo asexual en forma de esporas unicelulares (conidias) asignadas al género *Ramularia* (Kwon y col., 1998). Estas esporas se producen en las lesiones de las hojas de la copa del árbol o recién caídas al suelo y pueden inducir infecciones secundarias. No obstante, están consideradas poco importantes en comparación a las ascosporas (Kwon y Park, 2004). En nuestras condiciones no se han observado este tipo de conidias y la infecciones están causadas principalmente por las ascosporas (Vicent y col., 2012).

Control

Durante los primeros años de desarrollo de la enfermedad es muy importante reducir el inóculo en las parcelas mediante la eliminación de la hojarasca del suelo. Esta práctica agronómica debe realizarse justo en el

momento en el que los árboles han completado la caída de la hoja. De esta forma se evita en lo posible el arrastre de hojas por el viento y su deposición en zonas poco accesibles como acequias, ribazos o parcelas colindantes. Para la eliminación de la hojarasca pueden emplearse diferentes técnicas, como la incorporación al suelo mediante laboreo, la incineración controlada o el compostaje. Las aplicaciones de urea y otros compuestos para acelerar la descomposición de la hojarasca han mostrado una cierta eficacia en la reducción del inóculo de patógenos de otros frutales (Sutton y col., 2000; Llorente y col., 2006). En el caso de la mancha foliar del caqui no existen datos sobre su eficacia, pero en ningún caso serían sustitutivas de las técnicas de eliminación de la hojarasca descritas anteriormente. Es importante resaltar que las medidas de reducción de inóculo han de adoptarse de forma conjunta a nivel regional, ya que las ascosporas pueden diseminarse fácilmente de unas parcelas a otras. Una vez que las estrategias de aplicaciones fungicidas previenen de forma efectiva las infecciones foliares de *M. nawae*, las medidas de reducción inóculo en la hojarasca pasan a un segundo plano. Se ha demostrado que con el riego por inundación (a manta) se liberan muchas más ascosporas de la hojarasca que con el riego localizado (goteo), aunque se desconoce el impacto que esto puede tener sobre el desarrollo de la enfermedad (Vicent y col., 2011).

En la mayoría de los casos la aplicación de fungicidas es indispensable para el control económico de la mancha foliar del caqui. Cuando apareció la enfermedad en España, las autorizaciones vigentes en este frutal sólo permitían la aplicación de fungicidas cúpricos. Estos compuestos tienen una eficacia limitada, especialmente en parcelas con elevada presión de enfermedad, y son propensos a causar problemas de fitotoxicidad cuando se aplican de forma repetida y en épocas de altas temperaturas. Recientemente se han autorizado en caqui algunos formulados de azoxistrobin y difenoconazol. Los fungicidas piraclostrobin y mancozeb también se han autorizado temporalmente de forma excepcional, pero sujetos a unas condiciones muy estrictas respecto al número de tratamientos, plazos de seguridad y período de aplicación (MAGRAMA, 2015). Los fungicidas azoxistrobin y piraclostrobin pertenecen al grupo de las estrobilurinas

(Ool) y son muy propensos a generar resistencias. Se recomienda limitar el número de tratamientos con estos productos y alternarlos con fungicidas autorizados de otros grupos químicos.

El momento adecuado para realizar las aplicaciones fungicidas se determina en función de la presencia de brotes susceptibles, ascosporas de *M. nawae* en el aire y condiciones ambientales favorables para la infección. La dinámica de estos tres factores es muy variable según la climatología de cada año, por lo que es necesario realizar seguimientos periódicos. Existen técnicas aerobiológicas para la detección de ascosporas en el aire con diferentes niveles de precisión, coste y complejidad. La mayoría de estos sistemas funcionan con una periodicidad semanal y difícilmente permiten disponer de datos en tiempo real. Actualmente se utiliza una técnica basada en la extracción de las ascosporas de la hojarasca mediante un túnel de viento (Vicent y col., 2012). Con este método es posible estimar la liberación de ascosporas en el aire con una a dos semanas de antelación, lo que facilita la programación adecuada de las aplicaciones fungicidas de forma preventiva antes de las infecciones. Por lo general, para cubrir el período de infección en primavera son necesarios entre dos y cuatro tratamientos, dependiendo de las temperaturas y la frecuencia de las lluvias. Las aplicaciones realizadas después de este período no son eficaces y pueden ocasionar problemas de residuos en la fruta. Como ya se ha indicado anteriormente, la protección de las hojas mediante tratamientos fungicidas supone también una medida de reducción de inóculo, ya que la cantidad de hojarasca infectada en la parcela va reduciéndose progresivamente, no siendo necesario en la mayoría de los casos su eliminación mediante las técnicas descritas anteriormente.

10.1.2. Otras enfermedades foliares causadas por hongos no presentes actualmente en España

En las regiones de Asia donde el caqui es un cultivo tradicional desde hace siglos, la mancha foliar causada por *M. nawae* es tan sólo una de las muchas enfermedades que afectan a este frutal. Es esperable por tanto

Figura 10.5. Hoja de caqui 'Fuyu' con lesiones de oidio donde pueden observarse los cuerpos fructíferos del hongo (Jinju, Corea del Sur).



que a medida que vaya aumentando la superficie cultivada, nuestra producción de caqui se vea afectada progresivamente por nuevas patologías. A continuación se detallan brevemente algunas de estas enfermedades.

Figura 10.6. Síntomas incipientes de la mancha negra causada por *Adiscio kaki* (Foto: T. Sato, National Institute of Agrobiological Sciences, Tsukuba, Japón).



Figura 10.7. Síntomas de la mancha angular del caqui causada por *Pseudocercospora kaki* (Foto: Sangu Persimmon Experiment Station, Corea del Sur).



El óidio del caqui está causado por la especie *Phyllactinia kagicola* Sawada (Yao y col., 1990). El síntoma característico de la enfermedad es la presencia de una pulverulencia blanquecina en el envés de las hojas afectadas, formada por las esporas asexuales (conidias) que adquieren un color crema en la parte central. En las fases finales del desarrollo de la lesión, es posible observar la presencia de los cuerpos fructíferos del hongo, dentro de los cuales se forman las esporas de tipo sexual (Fig. 10.5).

La mancha negra del caqui causada por *Adisciso kaki* Kaz. Tanaka, J. Yamam. & Toy. Sato sp. nov., es una nueva enfermedad descrita recientemente en Japón (Yamamoto y col., 2012). Los síntomas son similares a los de la mancha foliar causada por *M. nawae*, en forma de lesiones necróticas en las hojas y defoliación anticipada, pero suelen aparecer antes y pueden afectar también a los frutos (Fig. 10.6).

La mancha angular del caqui está causada por el hongo *Pseudocercospora kaki* Goh & W.H. Hsieh (Tzen y Tung, 1997). La enfermedad se caracteriza por lesiones necróticas en las hojas, que por lo general quedan restringidas por las nerviaciones foliares. Las infecciones pueden provocar también la defoliación anticipada de los árboles (Fig. 10.7).

10.2. ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS DEL SUELO



Figura 10.8. Plantones de caqui sobre *Diospyros lotus* con pudriciones radiculares causadas por *Rosellinia necatrix*.

ca una pudrición blanca de las raíces de aspecto muy característico. Todos los árboles afectados eran de pie franco (*D. kaki* Thunb.), aparentemente muy susceptible a este patógeno. En algunos de ellos se observó incluso el avance del micelio de *Armillaria* desde las raíces afectadas hasta la parte basal del tronco (Fig. 10.9). Tanto *R. necatrix* como *Armillaria* son patógenos polífagos

Durante los últimos años se han venido observando algunos problemas puntuales causados por hongos del suelo en parcelas de caqui. Se ha constatado la presencia del hongo *Rosellinia necatrix* Prill en plantones jóvenes de la variedad 'Rojo Brillante' injertados sobre *Diospyros lotus* L. Este patógeno causa una pudrición de color negro en el sistema radicular y la base del portainjerto que en la mayoría de los casos provoca la muerte de las plantas afectadas (Fig. 10.8). En la comarca del Alto Palancia en Castellón se han detectado parcelas de caqui fuertemente afectadas por *Armillaria*. Este patógeno del suelo provo-



Figura 10.9. Árbol de caqui 'Tomatero' de pie franco afectado por *Armillaria*.

que afectan a la mayoría de las especies frutales y su control presenta muchas dificultades. Aunque existe la posibilidad de aplicar una desinfección del suelo en preplantación mediante fumigantes químicos, materia orgánica o solarización, su actividad fungicida se limita únicamente a las capas superficiales del suelo. Estos tratamientos pueden presentar una cierta eficacia durante los primeros años de la plantación, pero los árboles acaban infectándose igualmente cuando las raíces exploran horizontes más profundos del suelo donde no ha llegado el tratamiento. El control de los hongos del suelo en frutales se basa principalmente en la utilización de portainjertos resistentes o tolerantes, aspecto que no se ha desarrollado todavía en el caqui.

10.3. ENFERMEDADES DE POSCOSECHA

10.3.1. La mancha negra de los frutos causada por *Alternaria alternata*

Síntomas y daños

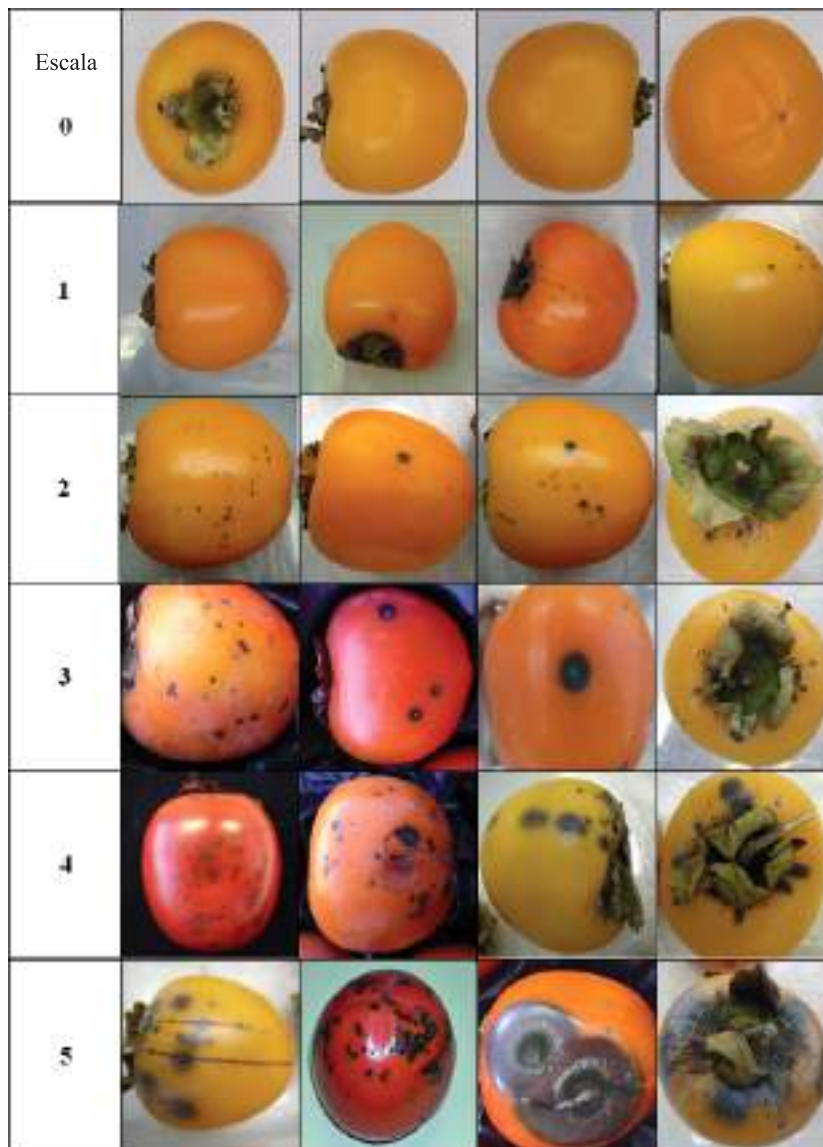
Los primeros estudios sobre la mancha negra del caqui o 'Alternaria black spot' causada por *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissler se realizaron en Israel (Prusky y col., 1981a), donde se observaron daños graves en frutos de las variedades 'Triumph' y 'Fuyu' durante su conservación frigorífica poscosecha. Inicialmente se pensó que estos daños estaban causados por un desorden fisiológico que se acentuaba a medida que la fruta envejecía, y que podía reducirse conservando la fruta en atmósferas controladas con niveles altos de dióxido de carbono (CO₂) (Guelfat-Reich y Ben-Arie, 1975). No obstante, finalmente se demostró que las manchas negras firmes o secas, de distintos tamaños y formas, presentes bajo el cáliz o en cualquier punto de la superficie de la piel del fruto se desarrollaban a partir de dos tipos de infecciones fúngicas que se producían en campo, pero que se manifestaban luego durante la poscosecha. Un primer tipo de infecciones se producían durante la fase de crecimiento del fruto y permanecían latentes de forma que los síntomas no eran apreciables a simple vista. Un segundo tipo de infecciones se producía a través de microheri-

das en la epidermis durante las fases de desarrollo próximas a la madurez comercial de los frutos. Aunque en algunos casos podían observarse síntomas incipientes en campo, por lo general los daños aparecían de forma más intensa en frutos que ya llevaban cierto tiempo recolectados.

La mancha negra del caqui se describió posteriormente en el atlas de enfermedades y fisiopatías de poscosecha (Snowdon, 1990) y más tarde se citó también en Corea del Sur y Turquía (Kwon y col., 2004a; Kurt y col., 2010). En España, la enfermedad comenzó a tener cierta importancia a partir de la entrada en producción de las nuevas plantaciones de la variedad 'Rojo Brillante' en Valencia y de 'Triumph' en Huelva. Hasta ese momento, la mayor parte de la producción de caqui accedía rápidamente a los mercados de exportación y sólo una pequeña parte se conservaba en frío durante períodos relativamente largos. Con el aumento de la producción y el acceso a nuevos mercados de exportación más lejanos surgió la necesidad de alargar la campaña de comercialización, incrementándose así la duración del período de conservación frigorífica en poscosecha. Esta práctica ha tenido como consecuencia un aumento de la incidencia de la mancha negra en los frutos de caqui y de las pérdidas económicas que produce a nuestro sector.

Tras la primera detección de la mancha negra del caqui en España (Palou y col., 2012), en el Laboratorio de Patología del Centro de Tecnología Post-recolección del IVIA se diseñó y validó un índice de severidad de la enfermedad específico para la variedad 'Rojo Brillante'. Aunque existían escalas para otras variedades como 'Triumph', debido a las diferencias en la volumetría del fruto, no eran aplicables para 'Rojo Brillante' ya que se obtenían valores de área afectada mucho menores y en consecuencia poco representativos (D. Prusky, comunicación personal). El índice diseñado específicamente para 'Rojo Brillante' establece una escala de 0 a 5 en función del tipo de síntoma y su severidad sobre esta variedad (Fig. 10.10). Este tipo de escalas son necesarias, entre otras cosas, para evaluar la eficacia de los tratamientos fungicidas, realizar estudios epidemiológicos de la enfermedad y establecer criterios de calidad comercial. Por

Figura 10.10. Escala cualitativa (0-5) para el índice de enfermedad de la mancha negra del caqui causada por *Alternaria alternata* en la variedad 'Rojo Brillante'. Obsérvense los distintos tipos y severidad de los síntomas en la zona peduncular y otras zonas de la superficie del fruto.



ejemplo, para la exportación se considera que frutos con un índice igual o superior a 2 no son comerciales.

- Valor = 0. Fruto sano. No hay manchas en la piel.
- Valor = 1. Enfermedad ligera. Pocas (menos de 20) manchas negras pequeñas (0,5-2 mm de diámetro) en la piel o debajo del cáliz. Área infectada estimada del 0 al 0,5% de la superficie del fruto.
- Valor = 2. Enfermedad leve o ligero-moderada. Algunas (de 20 a 50) manchas negras pequeñas (0,5-2 mm) en la piel o debajo del cáliz. Muy pocas (de 1 a 3) manchas negras medias (2-5 mm) en la piel o debajo del cáliz. Área infectada estimada del 0,5 al 1% de la superficie del fruto. Fruto no comercial.
- Valor = 3. Enfermedad moderada. Abundantes (de 51 a 100) manchas negras pequeñas (0,5-2 mm) en la piel o debajo del cáliz. Pocas (de 4 a 10) manchas negras medias (2-5 mm) en la piel o debajo del cáliz. Muy pocas (de 1 a 2) manchas negras grandes (>10 mm) en la piel. Mancha circular continua pequeña (de 5 a 10 mm) debajo del cáliz. Área infectada estimada del 1 al 5% de la superficie del fruto.
- Valor = 4. Enfermedad intensa o moderado-severa. Muy abundantes (> 100) manchas negras pequeñas (0,5-2 mm) en la piel o debajo del cáliz. Algunas (de 11 a 20) manchas negras medias (2-5 mm) en la piel o debajo del cáliz. Pocas (de 3 a 5) manchas negras grandes (>10 mm) en la piel. Mancha circular continua media (de 10 a 20 mm) debajo del cáliz. Área infectada estimada del 5 al 20% de la superficie del fruto.
- Valor = 5. Enfermedad severa. Algunas (>20) manchas negras medias (2-5 mm) en la piel o debajo del cáliz. Abundantes (>5) manchas negras grandes (>10 mm) en la piel. Mancha circular continua grande (>20 mm) debajo del cáliz. Área infectada estimada >20% de la superficie del fruto.

Agente causal

El hongo causante de la mancha negra en frutos de caqui 'Rojo Brillante' en la comarca de la Ribera Alta (Valencia) se identificó morfológica y mo-

lecularmente como perteneciente a la especie *A. alternata* (Palou y col., 2012). Se realizaron inoculaciones del hongo sobre frutos sanos de caqui 'Rojo Brillante', donde se reprodujeron los síntomas de la enfermedad y se aisló el patógeno. Se observó que este mismo hongo causaba daños también en caquis de la variedad 'Triumph' procedentes de la misma zona (Fig. 10.11). Además de las prospecciones de campo, se realizaron también muestreos en almacenes que confirmaron que *A. alternata* era también el principal agente causal de las enfermedades fúngicas de poscosecha durante la conservación frigorífica de los frutos de caqui. Se observó también que, en general, la incidencia de la mancha negra durante la poscosecha era menor en frutos de la variedad 'Rojo Brillante' que en los de la variedad 'Triumph' (Palou y col., 2009).

Epidemiología

En condiciones de campo, *A. alternata* sobrevive y se desarrolla saprofiticamente en materia orgánica muerta, hojas, brotes y plantas adventicias. Es un hongo polífago que está presente en una gran cantidad de hospedantes (Rotem, 1998). Según estudios realizados en Israel (Prusky y col., 1981a), sus esporas asexuales (conidias; Fig. 10.12) se diseminan por acción del viento y la lluvia. Bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad, las conidias germinan e infectan los frutos en campo directa-

Figura 10.11. Síntomas de la mancha negra del caqui causada por *Alternaria alternata* en la variedad 'Triumph'



Figura 10.12. Colonias en medio PDA y conidias (x 400) de *Alternaria alternata*.



mente a través de la cutícula de la epidermis o a través de heridas y microheridas localizadas principalmente bajo los sépalos. Los estudios de Israel indican que no se producen infecciones secundarias de *A. alternata* en las centrales frutícolas. La incidencia del podrido por mancha negra viene determinado principalmente por las infecciones latentes de *A. alternata* producidas en campo antes de la recolección y su posterior desarrollo durante la conservación poscosecha del fruto (Prusky y col., 1981a).

El desarrollo inicial del patógeno es muy lento y únicamente superficial. El hongo induce el colapso celular y el ennegrecimiento de espacios intercelulares. Las infecciones latentes presentes en estos espacios intercelulares permanecen inactivas sin síntomas visibles. La incapacidad del hongo para desarrollarse en frutos inmaduros se debe a la presencia de compuestos antifúngicos en la epidermis. A medida que el fruto madura y especialmente después de la recolección, la concentración de estos compuestos disminuye progresivamente hasta que el fruto pierde su resistencia natural. Si en ese momento las condiciones ambientales son favorables para el crecimiento del hongo, la fase latente finaliza y aparecen los primeros síntomas visibles de la enfermedad. En el caso de las infecciones a través de microheridas, el crecimiento del hongo provoca una expansión gradual de las lesiones. El estado físico y fisiológico del fruto en

poscosecha influye notablemente en la progresión de la enfermedad, que resulta mucho más rápida en frutos blandos o deshidratados, ya sea por senescencia natural, frío u otras causas.

La incidencia de infecciones latentes de *A. alternata* en frutos de caqui en campo aumenta considerablemente después de las lluvias o en condiciones de humedad elevada (Kobiler y col., 2011). La mayor severidad de daños bajo el cáliz y en la zona peduncular parece estar relacionada con la acumulación de agua de lluvia y rocío que favorece las infecciones. Se ha señalado también que el exceso de riego y abonado en las últimas fases de crecimiento del fruto induce la aparición de microheridas en la zona peduncular, lo que se traduce en una mayor incidencia de la enfermedad. En algunos casos se ha observado también una cierta prevalencia de infecciones en la zona estilar del fruto (extremo inferior), lo que podría estar relacionado también con la acumulación de agua.

En condiciones de elevada humedad ambiental el hongo puede desarrollarse incluso a temperaturas próximas a los 0°C. En caquis almacenados en frío es frecuente observar el desarrollo de síntomas de la enfermedad, especialmente durante períodos de conservación excesivamente prolongados que provocan la pérdida de firmeza de los frutos. Al finalizar la conservación frigorífica es muy importante que el periodo de comercialización de la fruta ('shelf life') sea lo más corto posible. Debido a la mayor temperatura ambiental, el crecimiento de *A. alternata* y la consiguiente expansión de las lesiones es más rápida durante esa fase.

Actualmente el IVIA realiza estudios epidemiológicos para determinar los periodos de infección en campo en nuestras zonas productoras y las posibles relaciones con la dinámica del inóculo, las condiciones ambientales y la intensidad del podrido. Para ello, se cuantifica la concentración de inóculo en aire mediante capturadores de esporas y se determina semanalmente la presencia de infecciones latentes de *A. alternata* en los frutos (Prusky y col., 1981b). Por otro lado, se embolsan grupos de frutos en distintos intervalos de tiempo para determinar con mayor exactitud los momentos de infec-

ción. El objetivo de todos estos estudios epidemiológicos es determinar los momentos óptimos para la aplicación de fungicidas y la protección de los frutos durante los períodos de riesgo. Resultados preliminares indican que en nuestras condiciones, el principal período de infección se da durante los meses de otoño. Se han iniciado también trabajos para determinar el efecto de las distintas tecnologías poscosecha del caqui 'Rojo Brillante', como son la desastringencia con CO₂, la aplicación de 1-metil ciclopropeno (1-MCP) y la conservación frigorífica, sobre el desarrollo de la enfermedad.

Control

Al tratarse de una enfermedad de poscosecha causada mayoritariamente por infecciones que se producen en el campo, el control debe abordarse mediante la aplicación de tratamientos antifúngicos o inductores de resistencia tanto en campo como en poscosecha. Según estudios realizados en Israel, los tratamientos en campo con ácido giberélico (GA₃) y el fungicida iprodiona redujeron significativamente los daños de mancha negra en la variedad 'Triumph' almacenada tres meses a 0°C (Perez y col., 1995). La eficacia de estos tratamientos se asoció con la mayor firmeza de los frutos inducida por los tratamientos con GA₃. En otros ensayos, la aplicación de citoquinina CPPU un mes después del cuajado o polioxina-b dos semanas antes de la cosecha redujeron la incidencia de la enfermedad durante la conservación frigorífica (Kobiler y col., 2011).

En estudios realizados en Israel, los tratamientos poscosecha que se mostraron más efectivos para el control de la enfermedad en la variedad 'Triumph' fueron las atmósferas modificadas (30% de CO₂) y los baños de trocloseno sódico o ácido clorhídrico, sólo o en combinación con el fungicida procloraz (Prusky y col., 1997; 2001; 2006; Kobiler y col., 2011). En la actualidad no existe ningún producto fitosanitario registrado en caqui para el control de la mancha negra causada por *A. alternata* en España (MAGRAMA, 2015). En el IVIA se han iniciado ensayos de laboratorio, campo y planta piloto para evaluar la eficacia de varios productos con actividad antifúngica, tanto en aplicaciones de campo como poscosecha.

10.3.2. Podredumbres pedunculares

Se han descrito varias especies del género *Pestalotiopsis* asociadas a lesiones foliares en caqui (Tuset y col., 1999; Yasuda y col., 2003). Sin embargo, en nuestras condiciones de cultivo estos hongos afectan principalmente a los frutos. En 2008 se citó en Huelva una enfermedad que provocaba la aparición de manchas necróticas en el cáliz de frutos del cultivar 'Triumph' (Blanco y col., 2008). El agente causal de esta enfermedad se identificó como *Pestalotia diospyri* Syd. & P. Syd. [sin. *Pestalotiopsis diospyri* (Syd. & P. Syd.) Rib. Souza], que había sido descrito con anterioridad en Nueva Zelanda (Goh y col., 1991).

Posteriormente se detectaron en Valencia frutos de 'Rojo Brillante' con una podredumbre seca que se iniciaba debajo del cáliz y se extendía por toda la zona peduncular. En algunos casos, los síntomas podían observarse también en otras zonas del fruto. En las zonas centrales de las lesiones se desarrollaba un micelio fúngico algodonoso de color blanco (Fig. 10.13). Las lesiones tomaban un color oscuro donde aparecían numerosos cuerpos fructíferos (acérvulos) con esporas asexuales (conidias) fusiformes multicelulares y unos apéndices muy característicos en

Figura 10.13. Síntomas de la podredumbre peduncular causada por *Pestalotiopsis clavispora* en caqui 'Rojo Brillante'.



sus extremos (Fig. 10.14). El patógeno causante de esta enfermedad se identificó mediante pruebas morfológicas y moleculares como *Pestalotiopsis clavispora* (G.F. Atk.) Steyaert (Palou y col., 2009). Esta especie de *Pestalotiopsis* resultó patógena, además de en caqui, en frutos de níspero de la variedad 'Algerie' (Palou y col., 2013b). Actualmente, la incidencia de la podredumbre causada por *P. clavispora* en caqui es relativamente baja comparada con la de la mancha negra causada por *A. alternata*, pero superior a las causadas por otros hongos como *Lasiodiplodia*, *Neofusicoccum* y *Botrytis*. En Japón se han descrito también podredumbres pedunculares en frutos de caqui causadas por las especies *P. longiseta* (Speg.) K. Dai & Ts. Kobay. y *P. foedans* (Sacc. & Ellis) Steyaert (Taguchi y col., 2001).

Otra podredumbre peduncular detectada recientemente en frutos de caqui 'Rojo Brillante' es la causada por *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. Tras el aislamiento y la identificación del hongo mediante sus características morfológicas y secuencias genéticas, se comprobó que era una especie patógena en caqui mediante inoculaciones artificiales de frutos (Palou y col., 2013a). El patógeno producía un micelio blanco de aspecto algodonoso sobre lesiones blandas, irregulares y de un color marrón claro

Figura 10.14. Colonia en medio PDA y conidias (x 400) de *Pestalotiopsis clavispora*.



Figura 10.15. Podredumbre peduncular causada por *Lasiodiplodia theobromae* en caqui 'Rojo Brillante'.



que se oscurecía progresivamente al expandirse desde el cáliz al resto del fruto (Fig. 10.15). Los síntomas también se observaron, aunque con menor frecuencia, en la zona ecuatorial y estilar del fruto. No se conoce ninguna referencia de *L. theobromae* afectando a caqui en otros países.

En los mismos muestreos anteriores se observaron también otras podredumbres pedunculares con síntomas similares a los causados por *L. theobromae*, pero de donde se aislaron dos especies del género *Neofusicoccum*, identificadas morfológica y molecularmente como *N. mediterraneum* Crous, M.J. Wingf. & A.J.L. Phillips y *N. luteum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips. Ninguna de estas dos especies fúngicas había sido citada anteriormente en caqui. La patogenidad de ambas especies se comprobó mediante inoculaciones de frutos de caqui 'Rojo Brillante' (Palou y col., 2013a). Los frutos inoculados presentaron lesiones que se expandían rápidamente, cubiertas por un micelio blanco algodonoso que iba virando a gris y cuerpos fructíferos (picnidios) de color negro (Fig. 10.16).

Figura 10.16. Podredumbres pedunculares causadas por *Neofusicoccum mediterraneum* (a) y *Neofusicoccum luteum* (b) en caqui 'Rojo Brillante'.



Por la información disponible hasta la fecha se puede deducir que estas enfermedades se inician en campo, mayoritariamente a partir de infecciones latentes. No obstante, son necesarios estudios adicionales para determinar los momentos y vías preferentes de infección así como la influencia de las condiciones ambientales y los posibles tratamientos para su control. Actualmente, su incidencia es relativamente baja y no suelen requerir de medidas específicas de control. No obstante, la rápida evolución de las técnicas de cultivo y poscosecha del caqui podrían crear escenarios potencialmente propicios para su desarrollo.

10.3.3. Podredumbre gris causada por *Botrytis cinerea*

Durante las primeras prospecciones realizadas en la zona de Valencia se detectaron algunos casos de podredumbre gris causada por *Botrytis cinerea* Pers.:Fr. (Palou y col., 2009). Los síntomas observados durante la conservación frigorífica consistían en lesiones muy blandas de distintos tamaños que decoloraban la piel del fruto y que provocaban que ésta se desprendiera con una simple rozadura. Las lesiones se originaban habitualmente debajo del cáliz y se extendían por la zona peduncular, aunque en ocasiones podían encontrarse también en otras zonas del fruto. Cuando los frutos infectados se incubaban a temperatura ambiente, el tamaño de las lesiones

Figura 10.17. Podredumbre gris muy avanzada causada por *Botrytis cinerea* en caqui 'Rojo Brillante'.



umentaba rápidamente y aparecía un micelio gris algodonoso, poco compacto pero que esporulaba profusamente (Fig. 10.17). Una de las características de *B. cinerea* es que crece incluso a temperaturas inferiores a 0 °C, por lo que puede multiplicarse en frutos conservados en frío durante periodos prolongados. El contacto de un fruto infectado con frutos sanos colindantes puede pro-

vocar la rápida aparición de nidos de podrido. Se sabe que *B. cinerea* es un patógeno muy agresivo que afecta a diferentes órganos de la planta en una gran variedad de hospedantes herbáceos y leñosos, incluyendo el caqui (Snowdon, 1990; Ogawa y English, 1991).

10.3.4. Antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides*

Las lesiones de antracnosis son de color marrón oscuro a negro, aspecto consistente y forma redondeada.

Son más frecuentes en la zona ecuatorial del fruto, aunque en algunos casos pueden observarse también en la zona peduncular. Bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad aparecen cuerpos fructíferos (acérvulos) de color negro sobre las lesiones con masas de esporas asexuales (conidias) de un color salmón característico (Fig. 10.18). El agente causal se identificó mor-



Figura 10.18. Antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* en la zona ecuatorial de un caqui 'Rojo Brillante'.

Figura 10.19. Antracnosis causada por *Colletotrichum horii* en un brote de caqui (Jinju, Corea del Sur).



Figura 10.20. Lesiones de antracnosis causadas por *Colletotrichum horii* en un fruto de caqui antes de su recolección comercial (Jinju, Corea del Sur).



fológica y molecularmente como *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc y se comprobó su patogenicidad en frutos de caqui 'Rojo Brillante' (Palou y col., 2013c).

La antracnosis poscosecha del caqui causada por *C. gloeosporioides* y *C. acutatum* J. H. Simmonds ha sido descrita también en Brasil, Corea del Sur, China y EE.UU (Mendes y col., 1998; Kwon y col., 2000; Zhang y Hu, 2004; Williamson y Sutton, 2010). A diferencia de *C. gloeosporioides* y *C. acutatum*, la especie *C. horii* B. Weir & P.R. Johnst. causa también síntomas de antracnosis en campo, afectando a los brotes jóvenes y a los frutos incluso antes de su madurez comercial (Figs. 10.19 y 10.20). Los frutos infectados por *C. horii* sufren una abscisión prematura, reduciendo considerablemente la producción de los árboles. En los casos que los frutos afectados llegan a la recolección, desarrollan posteriormente problemas de antracnosis en poscosecha. La antracnosis causada por *C. horii* es una de las principales enfermedades del caqui en Japón, China y Corea del Sur, y ha sido descrita recientemente también en Nueva Zelanda (Weir y Johnston, 2010; Kwon y col., 2013).

10.3.5. Podredumbres causadas por patógenos de herida

En las prospecciones realizadas en la zona de Valencia, la principal enfermedad de poscosecha causada por patógenos de herida fue la podredumbre azul causada por *Penicillium expansum* Link (Fig. 10.21), y en menor medida las podredumbres causadas por *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. (Fig. 10.22), *Cladosporium* spp. y *Trichoderma* spp. (Palou y col., 2009).



Figura 10.21. Podredumbre azul causada por *Penicillium expansum* en caqui 'Rojo Brillante'.

Figura 10.22. Podredumbre acuosa causada por *Rhizopus stolonifer* en caqui 'Rojo Brillante'.



El hongo *P. expansum* es un patógeno de herida estricto muy agresivo que causa podredumbre azul en una gran variedad de frutos, incluyendo todos los de pepita y de hueso. Produce gran cantidad de esporas asexuales (conidias) muy pequeñas que se diseminan fácilmente por el aire, contaminando el ambiente y las superficies de las centrales frutícolas. Para reducir su incidencia es necesario evitar las microheridas en la piel mediante un manejo muy cuidadoso de los frutos recolectados y unos programas rigurosos de limpieza y desinfección de las líneas de confección así como también de las cámaras frigoríficas y de desastringencia. En Corea del Sur se han descrito dos especies causantes de podredumbre azul en caqui: *P. crustosum* Thom y *P. expansum* (Kwon y Park, 2003a; Kwon y col., 2006).

La presencia de *R. stolonifer* en conservación es potencialmente peligrosa, ya que este hongo crece rápidamente a temperatura ambiente produciendo enzimas que literalmente digieren el fruto infectado. Los fluidos procedentes de la podredumbre acuosa pueden filtrarse e infectar frutos sanos produciendo nidos de podrido en cajones y pilas enteras. Una

prevención efectiva en el almacén requiere primero de la desinfección superficial de los frutos y cajones que llegan del campo, pues la suciedad y restos de tierra y materia orgánica son la principal fuente de inóculo. Por otra parte, es fundamental conservar la fruta a bajas temperaturas ya que este patógeno no crece por debajo de los 5°C. En Brasil se han descrito pérdidas importantes causadas por *R. stolonifer* y se han ensayado distintos métodos de control (Cia y col., 2003; 2010).

Los hongos del género *Cladosporium* son ubicuos y muy abundantes en el ambiente de campos y almacenes. No obstante, su patogenicidad es baja y por lo general sólo afectan a frutos sobremaduros o senescentes produciendo lesiones superficiales de color negro o verde-oscuro, que en algunos casos pueden confundirse con las de la mancha negra causada por *A. alternata*. En Corea del Sur se ha identificado la especie *C. cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries como patógena en frutos de caqui (Kwon y Park, 2003b).

10.3.6. Otras enfermedades de poscosecha no presentes actualmente en España

Otras enfermedades fúngicas de poscosecha del caqui citadas en la bibliografía internacional son las podredumbres causadas por los patógenos *Mucor piriformis* A. Fisch. en Corea del Sur (Kwon y col., 2004b) y *Phacidiopycnis washingtonensis* C.L. Xiao & J.D. Rogers en Italia (Garibaldi y col., 2010). En caqui se ha descrito también una enfermedad conocida como ‘Sooty Blotch and Flyspeck Disease’ asociada al hongo *Zygophiala jamaicensis* E.W. Mason en Japón (Nasu y col., 1985) y a *Dissoconium* sp. y *Zygophiala wisconsinensis* Batzer & Crous en Corea del Sur (Kwon y col., 2012). En ambos casos se trata de hongos que colonizan la capa cérea de la cutícula superficial del fruto, causando numerosas manchas circulares negruzcas de pequeño tamaño distribuidas por gran parte de la piel. No afectan a la pulpa del fruto pero sí lo deprecian comercialmente debido al impacto negativo sobre la calidad visual.

10.4. BIBLIOGRAFÍA

- Berbegal, M., Pérez-Sierra, A., Armengol, J., Park, C.S., García-Jiménez, J. 2010. First report of circular leaf spot of persimmon caused by *Mycosphaerella nawae* in Spain. *Plant Dis.* 94:374.
- Blanco, C., Romero, F., De los Santos B. 2008. First report of *Pestalotiopsis dyospiri* causing calyx blight of sweet persimmon in Huelva province (Southwestern Spain). *Plant Dis.* 92:176-176.
- Cia, P., Benato, E.A., Pascholati, S.F., García, E.O. 2010. Chitosan on the postharvest control of soft rot in 'rama forte' persimmon. *Bragantia* 69:745-752.
- Cia, P., Benato, E.A., Sigrist, J.M., Sarantopoulos, C., Oliveira, L.M., Padula, M. 2003. In vitro effect of modified atmosphere on mycelial growth of persimmon pathogens and on the control of Rhizopus rot in 'Fuyu'. *Summa Phytopathol.* 29:266-274.
- Garibaldi, A., Bertetti, D., Amatulli, M.T., Gullino, M.L. 2010. First report of postharvest fruit rot in persimmon caused by *Phacidiopycnis washingtonensis* in Italy. *Plant Dis.* 94:788.
- Goh, H.H., Lyons, S.N., Mowat, A.W. 1991. Preliminary observations of diseases on persimmon (*Diospyros kaki*) and their potential effect on fruit quality. *Proc. 44th N.Z. Weed Pest Control Conf.*:265-267.
- Guelfat-Reich, S., Ben-Arie, R., 1975. Controlled atmosphere storage of Triumph persimmons. *Suppl. Bull. Int. Inst. Refrig.* 1:119-123.
- Ikata, S., Hitomi, T., 1929. Studies on circular leaf spot of persimmon caused by *Mycosphaerella nawae*. *Spec. Bull. Okayama Pref. Agr. Exp. Stn.* 33:1-36.
- Kang, S.W., Kwon, J.H., Lee, Y.S., Park, C.S., 1993. Effects of meteorological factors on perithecial formation and release of ascospores of *Mycosphaerella nawae* from the overwintered persimmon. *RDA J. Agric. Sci. Crop Prot.* 35:337-343.

- Kobiler, I., Akerman, M., Huberman, L., Prusky, D., 2011. Integration of pre- and postharvest treatments for the control of black spot caused by *Alternaria alternata* in stored persimmon fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 59:166-171.
- Kurt, S., Soyly, E.M., Soyly, S. 2010. First report of black spot disease caused by *Alternaria alternata* in persimmon fruits in Turkey. *Plant Dis.* 94:1069.
- Kwon, J.H., Ahn, G.H., Park, C.S. 2004a. Black spot of sweet persimmon (*Diospyros kaki*) caused by *Alternaria alternata*. *Res. Plant Dis.* 10:183-187.
- Kwon, J.H., Ahn, G.H., Park, C.S. 2004b. Fruit soft rot of sweet persimmon caused by *Mucor piriformis* in Korea. *Mycobiology* 32:98-101.
- Kwon, J.H., Jeong, S.G., Hong, S.B., Chae, Y.S., Park, C.S. 2006. Occurrence of blue mold on sweet persimmon (*Diospyros kaki*) caused by *Penicillium expansum*. *Res. Plant Dis.* 12:290-293.
- Kwon, J.H., Kang, S.W., Park, C.S. 2000. Cultural characteristics of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose of persimmon. *Res. Plant Dis.* 6:48-50.
- Kwon, J., Kang, S., Chung, B., Park, C. 1995. Environmental factors affecting ascospore release of *Mycosphaerella nawae*, the causal organism of the spotted leaf casting of persimmon. *Korean J. Plant Pathol.* 11:344-347.
- Kwon, J., Kang, S., Park, C., Kim, H. 1998. Identification of the imperfect stage of *Mycosphaerella nawae* causing circular leaf spot of persimmon in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 14:397-401.
- Kwon, J.H., Kim, J., Choi, O., Gang, G.H., Han, S., Kwak, Y.S. 2013. Anthracnose caused by *Colletotrichum horii* on sweet persimmon in Korea: dissemination of conidia and disease development. *J. Phytopathol.* 161:497-502.

- Kwon, J.H., Kim, J., Choi, O., Gang, G., Kawak, Y.S. 2012. Occurrence of sooty blotch and flyspeck disease on sweet persimmon in Korea. *Mycobiology* 40:210-213.
- Kwon, J.H., Park, C.S. 2003a. Blue mold of persimmon (*Diospyros kaki*) caused by *Penicillium crustosum*. *Res. Plant Dis.* 9:217-220.
- Kwon, J.H., Park, C.S. 2003b. Sooty mold of persimmon (*Diospyros kaki*) caused by *Cladosporium cladosporioides* in Korea. *Plant Pathol. J.* 19:266-268.
- Kwon, J.H., Park, C.S. 2004. Ecology of disease outbreak of circular leaf spot of persimmon and inoculum dynamics of *Mycosphaerella nawae*. *Res. Plant Dis.* 10:209-216.
- Llorente, I., Vilardell, A., Montesinos, E. 2006. Infection potential of *Pleospora allii* and evaluation of methods for reduction of the overwintering inoculum of brown spot of pear. *Plant Dis.* 90:1511-1516.
- Mendes, M.A.S., Silva, V.L., Dianese, J.C., Ferreira, M.A.S.V., Santos, C.E.N., Gomes Neto, E., Urben, A.F., Castro, C. 1998. Fungos em plantas no Brasil. Embrapa-SPI, Embrapa Cenargen, Brasília, Brasil. 555 pp.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) 2015. Registro de productos fitosanitarios. <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitosap>
- Nasu, H., Shintaro, F., Yokoyama, T. 1985. *Zygothiala jamaicensis* Mason, a causal fungus of flyspeck of grape, Japanese persimmon, and apple. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan.* 51:536-545.
- Ogawa, J.M., English, H., 1991. Diseases of temperate zone tree fruit and nut crops. Pub. 3345, DANR, University of California, Oakland, CA, EE UU. 461 pp.
- Palou, L., Montesinos-Herrero, C., Besada, C., Taberner, V., 2013a. Postharvest fruit rot of persimmon (*Diospyros kaki*) in Spain caused by *Lasiodiplodia theobromae* and *Neofusicoccum* spp. *J. Phytopathol.* 161:625-631.

- Palou, L., Montesinos-Herrero, C., Guardado, A., Besada, C., Del Río, M.A. 2009. Fungi associated with postharvest decay of persimmon in Spain. *Acta Hort.* 833:275-280.
- Palou, L., Montesinos-Herrero, C., Guardado, A., Taberner, V. 2013b. First report of *Pestalotiopsis clavispora* causing postharvest fruit rot of loquat in Spain. *J. Plant Pathol.* 95:54.69.
- Palou, L., Montesinos-Herrero, C., Tarazona, I., Taberner, V. 2013c. Postharvest anthracnose of persimmon fruit caused by *Colletotrichum gloeosporioides* first reported in Spain. *Plant Dis.* 97:691.
- Palou, L., Taberner, V., Guardado, A., Montesinos-Herrero, C. 2012. First report of *Alternaria alternata* causing postharvest black spot of persimmon in Spain. *Australas. Plant Dis. Notes* 7:41-42.
- Perez, A., Ben-Arie, R., Dinoor, A., Genizi, A., Prusky, D. 1995. Prevention of black spot disease in persimmon fruit by gibberellic acid and iprodione treatments. *Phytopathology* 85:221-225.
- Prusky, D., Ben-Arie, R., Guelfat-Reich, S. 1981a. Etiology and histology of *Alternaria* rot of persimmon fruits. *Phytopathology* 71:1124-1128.
- Prusky, D., Eshel, D., Kobiler, I., Yakoby, N., Beno-Moualem, D., Ackerman, M., Zuthji, Y., Ben-Arie, R. 2001. Postharvest chlorine treatments for the control of the persimmon black spot disease caused by *Alternaria alternata*. *Postharvest Biol. Technol.* 22:271-277.
- Prusky, D., Fuchs, Y., Zauberman, G. 1981b. A method for pre-harvest assessment of latent infections in fruits. *Ann. Appl. Biol.* 98:79-85.
- Prusky, D., Kobiler, I., Akerman, M., Miyara, I. 2006. Effect of acidic solutions and acidic prochloraz on the control of postharvest decay caused by *Alternaria alternata* in mango and persimmon fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 42:134-141.
- Prusky, D., Perez, A., Zutkhi, Y., Ben-Arie, R. 1997. Effect of modified atmosphere for control of black spot, caused by *Alternaria alternata*, on stored persimmon fruits. *Phytopathology* 87:203-208.

- Rotem, J. 1998. The genus *Alternaria*. Biology, epidemiology and pathogenicity. 2nd ed. APS Press, St. Paul, MN, EE UU.
- Snowdon, A.L. 1990. Post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1: General introduction and fruits. Wolfe Scientific Ltd. Londres, Reino Unido.
- Sutton, D.K., MacHardy, W.E., Lord, W.G. 2000. Effects of shredding or treating apple leaf litter with urea on ascospore dose of *Venturia inaequalis* and disease buildup. *Plant Dis.* 84:1319-1326.
- Taguchi, Y., Watanabe, H., Akita, S., Hyakumachi, M. 2001. Occurrence and control of ripe rot symptoms on persimmon fruit. *Japan J. Phytopathol.* 67:33-41.
- Tuset, J.J., Hinarejos, C., Mira, J.L. 1999. First report of leaf blight on sweet persimmon tree by *Pestalotiopsis theae* in Spain. *Plant Dis.* 83:1070.
- Tzen, S.L., Tung, B.K. 1997. Occurrence and chemical control of angular leaf spot of persimmon. *Plant Prot. Bull.* 39:365-375.
- Ullio, L. 2003. Persimmon growing in New South Wales. NSW Agriculture, 11 pp.
- Vicent, A., Bassimba, D.D.M., Hinarejos, C., Mira, J.L. 2012. Inoculum and disease dynamics of circular leaf spot of persimmon caused by *Mycosphaerella nawae* under semi-arid conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* 134:289-299.
- Vicent, A., Bassimba, D.D.M., Intrigliolo, D. 2011. Effects of temperature, water regime and irrigation system on the release of ascospores of *Mycosphaerella nawae*, causal agent of circular leaf spot of persimmon. *Plant Pathol.* 60:890-898.
- Weir, B.S., Johnston, P.R. 2010. Characterization and neotypification of *Gloeosporium kaki* Hori as *Colletotrichum horii* nom. nov. *Mycotaxon* 111:209-219

- Williamson, S.M., Sutton, T.B. 2010. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* on persimmon fruit in the United States. *Plant Dis.* 94:634.
- Yamamoto, J., Tanaka, K., Ohtaka, N., Sato, T. 2012. Black leaf spot of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*), a new disease caused by *Adiscio kaki* sp nov. *J. Gen. Plant Pathol.* 78:99-105.
- Yao, Y.J., Chen, Z.X., Huang, J.H. 1990. Studies on development in the Erysiphaceae II. Scanning electron microscopy of fresh material of ascocarp development in *Phyllactinia*. *Nova Hedwigia* 50:401-412.
- Yasuda, F., Kobayashi, T., Watanabe, H., Izawa, H. 2003. Addition of *Pestalotiopsis* spp. to leaf spot pathogens of Japanese persimmon. *J. Gen. Plant Pathol.* 69:29-32.
- Zhang, J., Hu, D. 2004. Effects of environment factors on conidia germination, appressoria formation and pathogenicity of the persimmon anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta Phytopathol. Sin.* 34:154-161.

11

FISIOPATÍAS DEL CAQUI

Fernando Machuca¹, Cristina Besada² y Alejandra Salvador²

¹ SAT Agromedina S.L.

² Centro de Tecnología Post-recolección

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

FISIOPATÍAS DEL CAQUI

En este capítulo se describen las fisiopatías más comunes que pueden aparecer en los frutos de caqui, tanto en campo como en poscosecha. Estos desórdenes están causados por factores climáticos, nutricionales, labores culturales no adecuadas o mal manejo del fruto en recolección o poscosecha. Todas estas alteraciones reducen de forma significativa la calidad del fruto y causan graves pérdidas económicas en su comercialización.

11.1. MALFORMACIONES DEL FRUTO Y ALTERACIONES EN LA ZONA DEL CÁLIZ

11.1.1. Malformaciones del fruto

Las malformaciones de los frutos son unos de los principales problemas en algunas variedades de caqui, pudiendo afectar hasta un 30% de la producción. Los frutos con deformaciones pierden calidad para su consumo en fresco y en algunos casos ni siquiera pueden comercializarse. Las malformaciones pueden producir frutos asimétricos, dobles o con los cascos excesivamente marcados e incluso con formación de grietas (Fig. 11.1). Aunque todavía no se conocen con exactitud sus causas ni tampoco el momento cuando se produce este fenómeno, parece que las altas temperaturas tienen efectos negativos en la formación del óvulo y en los procesos de reproducción. Se ha señalado que un excesivo estrés hídrico podría favorecer también la aparición de esta fisiopatía (Moran, 2008).

Figura 11.1. Malformaciones en frutos de caqui 'Rojo Brillante' y 'Triumph'.



Figura 11.2. Malformaciones asociadas a la presión ejercida por el cáliz.



En cuanto al estado de desarrollo de fruto, parece que hay dos momentos determinantes: julio-agosto y marzo-mayo. Las deformaciones se producirían por la interrupción de las primeras fases de desarrollo del óvulo. En este sentido, es importante atender muy bien los riegos en el periodo que va de mediados de marzo a finales de abril, procurando que las plantas no sufran estrés hídrico, e incluso aumentando un poco los riegos en esta fase del cultivo. En algunos casos, es posible regular la temperatura mediante mallas de sombreado (30%) o reflectantes para dispersar la radiación solar. La instalación de acolchados plásticos o mallas para evitar las malas hierbas y reducir la evaporación de agua del suelo ayuda a mantener la humedad en la zona radicular y el estado hídrico del árbol, sin incrementar las dosis de agua utilizada en los riegos (Capítulo 4).

Algunas malformaciones pueden estar ocasionadas por el propio cáliz del fruto. En algunas variedades de caqui se observa la forma del cáliz decolorada y deprimida en la parte superior del fruto, cerca del ecuador de la misma (Fig. 11.2). Esta deformación se origina por la presión ejercida por el cáliz sobre el fruto en las primeras fases de desarrollo, siendo especialmente frecuente en variedades con el cáliz muy apretado como 'Suruga'. El daño es principalmente estético y en general no afecta a la comercialización. No se conocen medidas preventivas para evitar esta fisiopatía.

11.1.2. 'Calyx cavity'

Esta alteración puede ser un problema grave en algunas variedades de caqui. El síntoma más característico es la presencia de una cavidad que se produce directamente debajo del cáliz de la fruta (Fig. 11.3), y se convierte en una zona muy propicia para el desarrollo de insectos y hongos (Niir, 2004). El 'calyx cavity' se produce durante la fase III del desarrollo del fruto, debido a que el cáliz frena su desarrollo durante la fase II mientras que el fruto continúa su crecimiento normal. Esto induce un desequilibrio entre el desarrollo del cáliz y la parte basal del fruto. Algunas variedades como 'Izu' y 'Fuyu' muestran una elevada susceptibilidad al desarrollo de esta alteración (George y col., 1994). En árboles con mayor carga de

Figura 11.3. Presencia de ‘calyx cavity’ y pudrición asociada a la misma.



producción la incidencia del ‘calyx cavity’ parece ser menor. En cambio, los suelos profundos y mal drenados, así como las altas precipitaciones otoñales, favorecen la aparición de esta fisiopatía (Niir, 2004). Mantener el árbol equilibrado tanto en nutrición como en crecimiento vegetativo mejora el desarrollo del cáliz y reduce la aparición de esta alteración. Además debe evitarse el exceso de fertilización nitrogenada, sobre todo en los momentos próximos a la cosecha (Niir, 2004).

11.1.3. Abscisión del cáliz

La separación del cáliz es un desorden fisiológico que puede afectar a algunas variedades, causando pérdidas importantes en países como Nueva Zelanda y Brasil. La abscisión del cáliz puede ocurrir en campo, provocando la caída del fruto, o durante la fase de poscosecha. Para reducir este problema deben evitarse los excesos en la fertilización nitrogenada.

11.1.4. ‘Skin russetting’

Esta fisiopatía aparece a modo de círculos concéntricos de poca profundidad cerca de la zona apical de la fruta (Fig. 11.4). Aunque se desconoce cuales son las causas exactas de esta alteración, se ha asociado a desequilibrios nutricionales, principalmente exceso de nitrógeno, así como a una humedad elevada durante el periodo de maduración (Ullio, 2003; Radha y Mathew, 2007). Las variedades de forma cónica, como ‘Hachiya’, parecen mostrar una mayor sensibilidad a esta alteración.

Figura 11.4. Daños de 'skin russetting'.



11.2. ALTERACIONES ASOCIADAS A FACTORES CLIMÁTICOS

11.2.1. 'Cloudy stain'

El 'cloudy stain' es un desorden fisiológico de la piel del caqui que puede ocasionar graves pérdidas de la calidad de la fruta. Esta alteración consiste en la aparición de manchas minúsculas (< 1 mm) de color oscuro, generalmente en la zona estilar del fruto (Fig. 11.5). Se origina en las fases próximas al cambio de color de los frutos, coincidiendo con la presencia de grietas en la cutícula externa del fruto. Estas grietas aumentan la permeabilidad al agua y la exposición de las células subepidérmicas al aire y agua, provocando la oxidación de los polifenoles de la piel. Dado que esta fase fenológica está estrechamente relacionada con las condiciones

Figura 11.5. Daños de 'cloudy skin' en caqui 'Triumph'.



climáticas, principalmente la temperatura, las fechas de aparición de los síntomas de 'cloudy stain' son variables en función del año y la zona de cultivo (Reig y col., 2010).

En ocasiones, el manchado inicial apenas evoluciona y se mantiene prácticamente inalterable hasta la maduración del fruto, pero en otros casos puede evolucionar afectando a zonas más amplias. Se ha observado que las zonas de la piel afectadas por el 'cloudy stain' presentan una mayor concentración de N, K, Mg y Fe y una menor concentración de Ca comparado con las fruta sana, aunque esta no parece ser la causa principal de esta fisiopatía. Se ha observado también que la alteración comienza después de un período de bajas temperaturas ($\leq 13^{\circ}\text{C}$) y se agrava después con la presencia de humedades relativas elevadas (Reig y col., 2010).

11.2.2. Planchado

La sobreexposición a los rayos solares puede provocar a la aparición de manchas oscuras en la piel del caqui (Fig. 11.6). Normalmente aparece en árboles enfermos o debilitados, con poca vegetación y también cuan-

Figura 11.6. Manchas de la piel asociadas a un exceso de insolación.



do se realizan podas inadecuadas que rompen el equilibrio del árbol. Es muy frecuente también cuando hay un exceso de producción ya que, además de producir desequilibrios en la vegetación, las ramas se doblan dejando los frutos expuestos al sol. Para evitar esta alteración los árboles deben mantenerse equilibrados nutricionalmente y con una masa foliar suficiente. Es recomendable también retrasar determinados tipos de poda en verde hasta después del verano, para mantener los frutos protegidos por las hojas durante esa época de mayor insolación.

11.2.3. Daños por granizo

Como en la mayoría de los frutales, el granizo produce daños graves e irreversibles en el caqui. Estos daños son visibles externamente viéndose afectada también la parte superficial de la pulpa (Fig. 11.7). En zonas donde las granizadas son frecuentes, puede ser interesante instalar cubiertas de malla anti-granizo para proteger la plantación.

11.2.4. Rameado

El roce de las hojas y las ramas sobre la piel de los frutos pequeños provoca la rotura de las células de la piel. En estos daños pueden distinguirse entre los causados por las hojas, menos agresivos y que son de color más claro, y los

Figura 11.7. Frutos de caqui con daños por granizo.



Figura 11.8. Daños de rameado en frutos de caqui.



ocasionados propiamente por las ramas, más agresivos y de color más oscuro (Fig. 11.8). La eliminación de las ramas secas del árbol puede reducir en cierta medida el roce con las frutas y paliar en parte los daños de esta fisiopatía. Los daños de rameado aumentan con el período de permanencia del fruto en el árbol, por lo que en parcelas ventosas la recolección no debe retrasarse en exceso. En estas zonas expuestas a vientos fuertes puede ser interesante también instalar cortinas cortavientos.

11.2.5. Daños por heladas

El árbol del caqui resiste bien las heladas invernales, llegando a soportar temperaturas de hasta -20°C . Sin embargo, heladas tardías en primavera pueden producir daños graves en la producción de fruta, ya que afectan directamente a los nuevos brotes y la floración. Heladas de tres horas a -7°C son suficientes para causar una merma considerablemente en la producción. Por otra parte, las heladas precoces en otoño pueden provocar daños

Figura 11.9. Daños de heladas en el inicio de la brotación. Defoliación producida por heladas tempranas y daños de congelación en el fruto (Fotos 2 y 3 Cooperativa Agrícola Sant Bernat Coop.V., Carlet).



de congelación en los frutos con temperaturas de unos -3°C . Los síntomas causados por estas heladas otoñales en los frutos consisten en picaduras superficiales, rotura de células y ablandamiento de la pulpa (Fig. 11.9). Cuando las heladas provocan la defoliación de las hojas, se induce una producción precoz de etileno en el árbol y los frutos maduran anticipadamente.

11.3. ALTERACIONES POSCOSECHA

11.3.1. Bronceado de la piel

Un cepillado demasiado agresivo durante la limpieza del fruto o un rozamiento excesivo durante el paso por la línea de confección pueden causar daños externos en los frutos de caqui. En general estos daños se manifiestan como un pardeamiento o bronceado de la piel que, aunque no afectan al fruto internamente, reducen la calidad comercial del fruto (Fig. 11.10).

11.3.2. Pardeamientos internos

El caqui es un fruto bastante sensible a la aparición de pardeamientos internos o 'flesh browning'. Este desorden está asociado principalmente a un manejo inadecuado durante la vida poscosecha del fruto, existiendo diferentes factores que lo pueden desencadenar. En el Capítulo 12 se describen con más detalle los diferentes procesos bioquímicos asociados a estas alteraciones, así como también las recomendaciones técnicas para su control.

Figura 11.10. Bronceado de la piel del caqui sin afección interna provocado por un cepillado agresivo en la línea de confección.



Pardeamiento asociado a daños mecánicos

Los daños mecánicos (golpes) recibidos por el fruto en campo, recolección y poscosecha, resultan en la mayoría de las variedades en un manchado de la pulpa que se hace patente durante la comercialización del fruto (Fig. 11.11). Este tipo de pardeamiento se extiende desde la superficie al interior de la pulpa y se agrava por la exposición del fruto a bajas temperaturas. Estudios preliminares indican que la sensibilidad a este desorden depende de la variedad, siendo los caquis no astringentes menos sensibles que los astringentes.

Para prevenir esta alteración es necesario evitar cualquier tipo de golpe al fruto, desde que está en el árbol en campo hasta su comercialización. En zonas con vientos fuertes es recomendable estimular la producción en ramas cercanas al tronco no excesivamente largas para proteger los frutos (Capítulo 5) y la instalación de cortinas cortavientos. En algunos casos puede ser interesante realizar un atado de ramas con el fin de evitar golpes entre los propios frutos y con la maquinaria. En este sentido, es fundamental dimensionar correctamente la distancia entre filas para facilitar el paso de la maquinaria empleada en los tratamientos fitosanitarios y el laboreo del suelo (Capítulo 4).

Debe extremarse el cuidado durante la recolección y la manipulación posterior de los frutos. Hay que evitar aplicar una presión excesiva cuando el fruto se recolecta manualmente y es recomendable utilizar cajones

Figura 11.11. Pardeamiento de la pulpa del caqui asociado a daños mecánicos durante la confección del fruto.



cv. Rojo Brillante

cv. Triumph

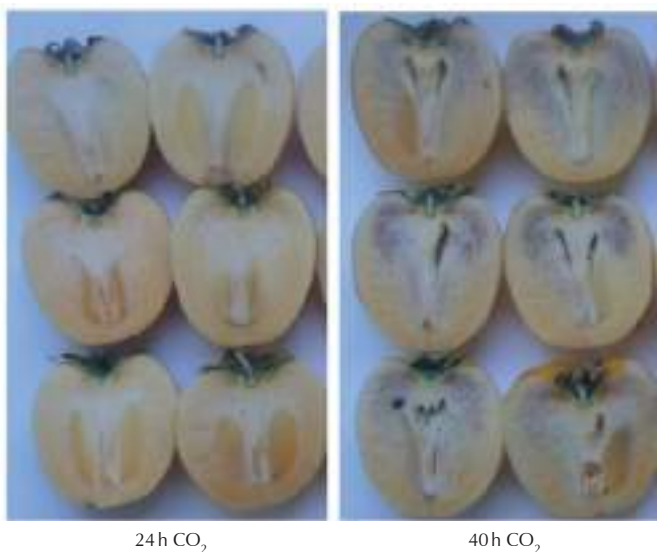
cv. Giombo

acolchados para evitar golpes entre los frutos durante la recolección y el transporte. Una vez en el almacén, deben minimizarse los daños mecánicos durante el volcado y el paso por línea de confección. En el caso de variedades astringentes se recomienda confeccionar el fruto antes de la aplicación del tratamiento de desastringencia con dióxido de carbono (CO_2), ya que el caqui es más sensible una vez que se ha eliminado la astringencia. El pardeamiento de la pulpa puede iniciarse con golpes superficiales de baja intensidad y extendiéndose luego hacia el interior del fruto durante la conservación poscosecha (Novillo y col., 2014).

Pardeamiento por sobreexposición a dióxido de carbono

Una aplicación excesivamente prolongada del tratamiento de desastringencia con CO_2 puede resultar en la aparición de un pardeamiento interno en la zona central del fruto (Fig. 11.12). La conservación del caqui a bajas temperaturas tras un tratamiento prolongado con CO_2 puede agravar la intensidad de esta alteración. Por lo tanto, es recomendable limitar

Figura 11.12. Pardeamiento interno de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' asociado a una sobreexposición al tratamiento de desastringencia con dióxido de carbono.



la duración del tratamiento con CO₂ al mínimo de horas que sea suficiente para asegurar una completa desastringencia sin que suponga un riesgo de aparición de pardeamiento.

Pardeamiento por exposición prolongada a atmósferas bajas en oxígeno

Hay que tener en cuenta que la respuesta del fruto a una atmósfera de conservación determinada es muy variable según la variedad. Una misma atmósfera puede prolongar la conservación poscosecha de una variedad y sin embargo resultar negativa en otra, provocando la aparición de alteraciones internas como manchas y cambios de textura que pueden agravarse con la exposición del fruto a bajas temperaturas. Así por ejemplo, en la variedad 'Fuyu' se han descrito diferentes tipos de pardeamiento, tanto en la piel como en la pulpa, asociados a niveles excesivamente bajos de oxígeno en la atmósfera de conservación (Park, 1999). En caqui 'Rojo Brillante' se ha observado también la aparición de alteraciones internas asociadas a la conservación en frío en atmósferas controladas bajas en oxígeno (Fig. 11.13) (Besada y col., 2014).

Figura 11.13. Desórdenes internos en el caqui 'Rojo Brillante' asociado a conservaciones frigoríficas prolongadas en atmósferas bajas en oxígeno.



11.3.3. Daño por frío

Los daños por frío o 'chilling injury' son desórdenes que aparecen cuando la fruta se expone a temperaturas por debajo de un umbral crítico. En el caso del caqui, dependiendo de la variedad, una exposición prolongada a temperaturas inferiores a 8-11°C puede desencadenar los daños por frío (Arnal y Del Río, 2004; Woolf y col., 2011). La manifestación de estos daños depende tanto de la temperatura como del tiempo de exposición. Aunque en exposiciones prolongadas los síntomas pueden aparecer durante la conservación en frigorífica, lo más habitual es que los síntomas se expresen cuando los frutos pasan luego a temperatura ambiente (Fig. 11.14). Los síntomas de daño por frío en caqui se han relacionado con cambios estructurales de la pulpa: ablandamiento y gelificación, gomo-

Figura 11.14. Ablandamiento del fruto en caqui 'Rojo Brillante' al pasar de conservación frigorífica a temperaturas ambiente.



Figura 11.15. Gomosidad, nodulación y manchado interno en caqui 'Rojo Brillante' asociados a los daños por frío en conservaciones muy prolongadas.



sidad y aparición de nódulos (Figs. 11.15 y 11.16). En el caso de daños muy graves puede aparecer también un manchado interno de la pulpa (MacRae, 1987; Collinsy Tisdell, 1995; Woolf y col., 1997; Arnal y Del Río, 2004; Salvador y col., 2005). Todos estos síntomas se ven agravados por la presencia de etileno en la atmósfera que rodea al fruto (Besada y col., 2010).

Los daños por frío se producen con mayor intensidad a temperaturas de 5-7°C, siendo recomendables temperaturas de conservación cercanas a

Figura 11.16. Gelificación de la pulpa asociada a los daños por frío en la variedad 'Fuyu'.



0°C. La sensibilidad a los daños por frío depende no sólo de la variedad sino también del estado de madurez del fruto, siendo más sensibles es sus primeros estados de madurez. Actualmente existen diferentes técnicas que retrasan la aparición de los daños por frío, permitiendo conservaciones relativamente prolongadas. La conservación en atmósferas controladas o modificadas puede retrasar la aparición de los daños por frío, pero siempre que se hayan determinado los parámetros de conservación óptimos para cada variedad (Kim and Lee, 2005). Actualmente el control de los daños por frío se realiza en la mayoría de los casos mediante la aplicación de tratamientos de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) previos a la conservación. Este compuesto bloquea los receptores de etileno y es muy efectivo para prevenir los daños por frío en caqui (Kim y Lee, 2005; Salvador y col., 2004, Krammes y col., 2006; Besada y col., 2008; Zhang y col., 2010). Como se ha comentado anteriormente, el fruto puede verse expuesto también a temperaturas bajas e incluso heladas en campo. Cuando ocurre esto, la vida poscosecha del fruto se reduce notablemente. Los aspectos fisiológicos y bioquímicos de los daños por frío en caqui se describen con más detalle en el Capítulo 12.

11.4. BIBLIOGRAFÍA

- Arnal, L., Del Río, M.A. 2004. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Penicillium expansum*) cv. Rojo Brillante. Food Sci. Tech. Int. 10:179 -185.
- Besada, C. Arnal, L., Salvador, A. 2008. Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments. Postharvest Biol. Technol. 50:169-175.
- Besada, C., Jackman, R.C., Olsson, S., Woolf, A.B. 2010. Response of 'Fuyu' persimmons to ethylene exposure before and during storage. Postharvest Biol. Technol. 57:124-131.
- Besada, C., Novillo, P., Navarro, P., Salvador, A. 2014. Effect of a low oxygen atmosphere combined with 1-MCP pretreatment on preserving

- the quality of 'Rojo Brillante' and 'Triumph' persimmon during cold storage. *Sci. Hort.* 179:51-58.
- Collins, R.J., Tisdell, J.G. 1995. The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Penicillium expansum*) grown in subtropical Australia. *Postharvest Biol. Technol.* 6:149-157.
- George, A.P., Collins, R.J., Nissen, R.J. 1994. Growth, yield, and fruit quality of two non-astringent persimmon (*Penicillium expansum*) cultivars, Izu and Fuyu, in subtropical Australia. *Australian J. Exp. Agric.* 34: 267-275.
- Kim, Y.K., Lee, J.M. 2005. Extension of storage and shelf-life of sweet persimmon with 1-MCP. *Acta Hort.* 685:165-174.
- Krammes, J.G., Argenta, L.C., Vieira, M.J. 2006. Influence of 1-Methylcyclopropene on quality of persimmon fruit cv. 'Fuyu' after cold storage. *Acta Hort.* 727:513-518.
- MacRae, E.A. 1987. Storage and shelf life of Fuyu and Flat Fuyu persimmon in New Zealand 1984-1986. Division of Horticulture and Processing. DSIR, Postharvest bulletin 335.
- Moran, L. 2008. Fruit deformation of persimmon (*Penicillium expansum*). Characterización and responses to heat and water stress. M.Sc. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem.
- Niir, B., 2004. Cultivation of fruits, vegetables and floriculture. National Institute of Industry Research. New Delhi, India.
- Novillo, P., Salvador, A., Llorca, E., Hernando, I., Besada, C. 2014. Effect of CO₂ deastringency treatment on flesh disorders induced by mechanical damage in persimmon. Biochemical and microstructural studies. *Food Chem.* 145:454- 463.
- Park, Y.S. 1999. Changes in the incidence of fruit skin blackening, phenolic acids, and ethanol production of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruit during CA and MAP storage. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 40:83-87.

- Radha, T., Mathew, L. 2007. Fruit crops. En: K.V. Peter, M.S. Swaminathan (eds), Horticultural science series 3. Prof. New India Publishing Agency. New Delhi, India.
- Reig, C., Mesejo C., Martínez-Fuentes, A., Agustí, M. 2010. Climatic factors affecting the occurrence of cloudy stain on the fruit skin of 'Triumph' Japanese persimmon. *Ann. Appl. Biol.* 156:421-429.
- Salvador, A., Arnal L., Monterde, A., Martínez-Jávega, J.M. 2005. Influence of ripening stage at harvest on chilling injury symptoms of persimmon cv. 'Rojo Brillante' stored at different temperatures. *Food Sci. Technol. Int.* 11:359-365.
- Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Cuquerella, J. 2004. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 33:285-291.
- Ullio, L. 2003. Persimmon growing in New South Wales. NSW Agriculture, 11 pp.
- Wolf, A.B., Ball, S., Spooner, K.J., Lay-Yee, M., Ferguson, I.B., Watkins, C.B., Gunson, A., Forbes, S.K. 1997. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 11:155-164.
- Wolf, A.B., Ben, Arie, R., 2011. Persimmon (*Penicillium expansum*). pp. 166–193. En: E.M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Wood-Head Publishing, Cambridge, UK.
- Zhang, Y., Rao, J., Sun, Y., Li, S. 2010. Reduction of chilling injury in sweet persimmon fruit by 1-MCP, *Acta Hort. Sinica.* 37:547-552.

12

TECNOLOGÍA POSCOSECHA DEL CAQUI

Cristina Besada¹, Pilar Navarro¹, Mario Vendrell² y Alejandra Salvador¹

¹ Centro de Tecnología Post-recolección

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

² Cooperativa Agrícola Nuestra Señora Del Oreto C.O.O.P.V. L'Alcudia, Valencia.

TECNOLOGÍA POSCOSECHA DEL CAQUI

En este capítulo se abordan los aspectos más importantes relacionados con el manejo poscosecha de los frutos de caqui, desde la recolección hasta su comercialización. Se describen los resultados más destacables obtenidos en las investigaciones realizadas durante los últimos años en el IVIA y que se han centrado principalmente en la variedad 'Rojo Brillante' para consumo como caqui duro. Se detallarán brevemente los cambios fisiológicos que tienen lugar durante la maduración del caqui, así como los parámetros a tener en cuenta en el momento de su recolección. Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, una característica particular de las variedades cultivadas mayoritariamente en España es la astringencia del fruto en recolección. Este aspecto se ha resuelto satisfactoriamente con la aplicación de determinados tratamientos poscosecha, que se describen con detalle en este capítulo conjuntamente con los factores que influyen en su efectividad, tanto desde el punto de vista fisiológico como tecnológico.

La necesidad de prolongar el periodo de comercialización de los frutos ha generalizado el uso de la conservación frigorífica en caqui, pero algunas variedades sensibles al frío presentan problemas cuando el fruto se conserva a bajas temperaturas. Actualmente, el control de los daños por frío sigue siendo uno de los temas prioritarios en la investigación poscosecha de caqui y existen ya algunos métodos que permiten reducir la grave-

dad de estos daños. En este capítulo se indican también los resultados de la aplicación combinada de tratamientos precosecha y poscosecha para prolongar la conservación. Finalmente se describen las principales operaciones de confección y comercialización, destacando algunas pautas de manejo que permiten mantener el fruto de caqui sin alteraciones y con la máxima calidad hasta el consumidor.

12.1. MADUREZ Y RECOLECCIÓN

El fruto de caqui pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Como se indica en el Capítulo 2, después de la polinización y cuajado, la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, aunque en algunos casos no sea fácil establecer claramente cuando acaba una y empieza otra. El proceso de maduración es la etapa más importante y compleja en el desarrollo de la fruta, que puede dividirse a su vez en dos fases: la maduración fisiológica y la maduración organoléptica. De hecho, la literatura especializada en lengua inglesa distingue entre estas dos fases, denominadas como ‘maturation’ y ‘ripening’ (Kader, 2002). La primera suele iniciarse antes de que finalice el crecimiento celular y acaba aproximadamente cuando el fruto tiene semillas con capacidad de germinar y producir nuevas plantas. El crecimiento y la maduración fisiológica de los frutos de caqui solo pueden completarse adecuadamente en el árbol.

La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual la fruta adquiere las características sensoriales que la hacen apetecible para su consumo. Se trata de un proceso que transforma tejidos fisiológicamente maduros, pero no comestibles, en otros visualmente, olfativamente y gustativamente atractivos (Kader, 2002). Aunque con resultados desiguales, la maduración organoléptica del caqui puede completarse tanto en el árbol como después de la recolección. En general, este proceso comienza durante los últimos días de la maduración fisiológica conduce irreversiblemente a la senescencia del fruto.

Durante el proceso de maduración organoléptica tienen lugar una serie de cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos determinantes en la calidad y en la vida poscosecha del fruto. Entre los más importantes podemos citar los cambios del color, sabor, aroma, textura, modificaciones en la composición de proteínas, carbohidratos y en la producción de aromas, ácidos orgánicos y polifenoles. Una consideración aparte merecen los cambios relacionados con la actividad respiratoria y la producción de etileno, que permiten distinguir entre frutos de especies climatéricas y no climatéricas.

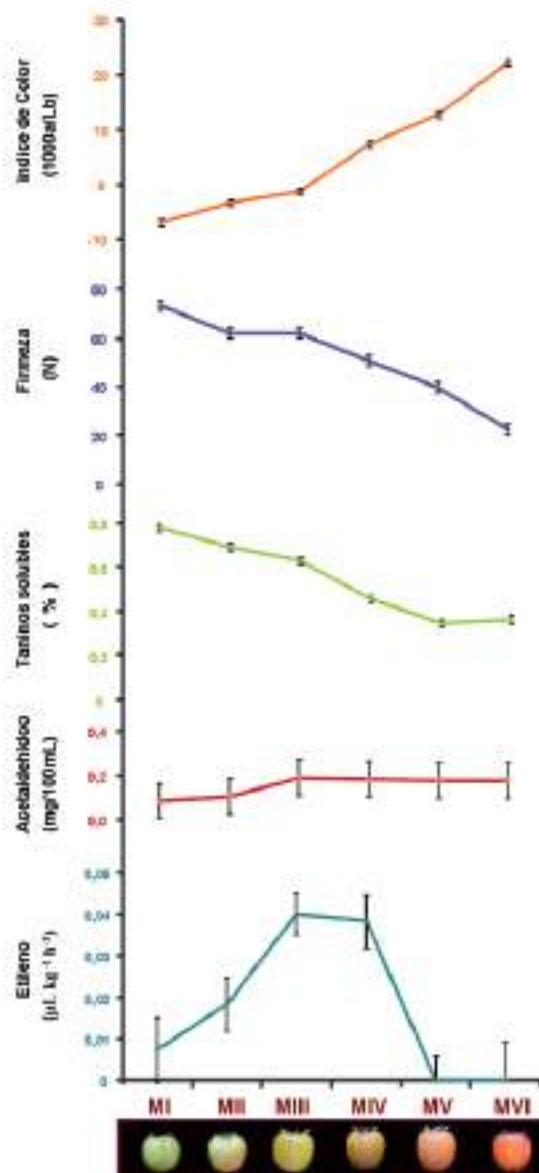
Por último, la senescencia se define como una fase en la que los procesos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degradativos), provocando el envejecimiento y muerte de los tejidos del fruto. Basándose en los cambios en la respiración y la producción de etileno que se producen durante la madurez, el caqui está clasificado como un fruto climatérico (Kader, 2002). Durante el periodo de maduración los frutos de caqui producen una cantidad pequeña, pero significativa, de etileno (Abeles y col, 1992; Wills y col, 1998; Kubo y col, 2003; Salvador y col., 2007). Sin embargo, son muy sensibles a la exposición al etileno exógeno después de la recolección, que induce la maduración de los frutos de caqui debido a un incremento en la producción de etileno autocatalítico (Besada y col., 2010a).

Como se indica en el Capítulo 2 y el Capítulo 3, las variedades de caqui pueden clasificarse en dos grandes grupos, astringentes y no-astringentes en cosecha. La principal diferencia entre las variedades de caqui astringentes y no astringentes es que estas últimas muestran una disminución gradual de los taninos solubles durante el crecimiento y la maduración. Estos compuestos son los responsables de la astringencia del fruto y en algunas variedades con contenidos cercanos al 0,03% de peso fresco (p.f.) no son sensorialmente detectables (Taira y col., 1998; Candir y col, 2009). En cambio, las variedades astringentes presentan un alto contenido de taninos solubles de hasta el 0,5-1% p.f., incluso cuando el fruto está completamente coloreado (Taira y col., 1998; Salvador y col., 2007; Del Bubba y col., 2009).

Los cambios fisiológicos durante la maduración de los frutos de la variedad astringente 'Rojo Brillante' han sido descritos con detalle por Salvador y col. (2007) (Fig. 12.1). El cambio de color externo del fruto que experimenta esta variedad durante el periodo de madurez, que pasa de un verde amarillento hasta el rojo-anaranjado característico, se ha relacionado con una pérdida de firmeza y una disminución de los taninos solubles responsables de la astringencia. Sin embargo, los frutos presentan niveles de taninos solubles elevados ($\sim 0,5\%$ p.f) incluso en las fases más avanzadas de la madurez, lo que está relacionado con la intensa astringencia que presenta esta variedad en cosecha. El reblandecimiento gradual que se produce durante el periodo de madurez del fruto se debe a cambios microestructurales de la pulpa, que sufre una progresiva degradación del parénquima debido al deterioro de las paredes y membranas celulares asociada con una pérdida de adhesión intercelular. Los cambios en la síntesis de etileno que se producen durante la maduración reflejan un comportamiento climatérico típico de esta variedad, alcanzando un nivel máximo ($0,04 \mu\text{L/kg h}$) cuando el fruto comienza a tomar una coloración anaranjada. En 'Rojo Brillante' la madurez no va acompañada de cambios destacables en sólidos solubles totales, pero hay que tener en cuenta en su cuantificación, ya que además de los azúcares, se incluyen también los taninos solubles. De esta forma, valores constantes de sólidos solubles durante el proceso de la maduración del fruto, unidos a una disminución de los taninos solubles, van asociados a un aumento en el contenido de los azúcares.

Debido a la estrecha relación entre los cambios de color de la piel y los cambios fisicoquímicos que tienen lugar durante la maduración de los frutos (Salvador y col., 2007), la coloración externa del fruto de caqui es el parámetro más utilizado en la práctica como índice de recolección no destructivo. En el momento de la cosecha los frutos deben estar bien desarrollados y presentar el color característico de la variedad. La mayoría de cultivares de caqui se consideran aptos para su recolección cuando han alcanzado una coloración externa naranja homogénea o naranja-rojiza.

Figura 12.1. Cambios fisiológicos durante la maduración de los frutos de caqui 'Rojo Brillante'.



El nivel de azúcar es también un parámetro empleado habitualmente para determinar el momento óptimo de recolección en caqui, especialmente en variedades no astringentes. Hay que tener en cuenta que una misma variedad puede comportarse de manera diferente dependiendo de las condiciones agroclimáticas donde se cultiva. Así, en Nueva Gales del Sur en Australia se recomienda recolectar la variedad 'Fuyu' cuando el fruto ha alcanzado un contenido de sólidos solubles de 15ºBrix, mientras que en Japón esta misma variedad se cosecha normalmente con un contenido más elevado cercano a 18ºBrix (Ullio, 2003). En este sentido, es importante señalar que las cartas de color que relacionan la coloración externa del fruto con la madurez interna del mismo deben desarrollarse de forma específica para cada variedad e incluso para cada zona de cultivo.

La firmeza del fruto en el momento de cosecha tiene un papel decisivo en el mantenimiento de la calidad de la fruta durante el periodo de poscosecha. El ablandamiento del fruto es un hecho inevitable, que se produce con mayor o menor rapidez dependiendo de las condiciones a las que se mantiene la fruta tras su recolección. Por lo tanto, cuando la recolección se realiza en base al color externo, hay que tener en cuenta no solo la variedad, si no también el proceso al cual se va a someter la fruta una vez cosechada.

Debido a que la campaña de recolección de la mayoría de variedades de caqui es relativamente corta, se han desarrollado diferentes tratamientos precosecha para retrasar la maduración del fruto y poder ampliar así el periodo de recolección y comercialización. Los tratamientos en campo con ácido giberélico (GA_3) en el momento del cambio de color del fruto resultan muy efectivos en el retraso de la recolección en algunas variedades de caqui como 'Triumph', 'Fuyu', 'Hiratanenashi' y 'Rojo Brillante' (Ben-Arie y col., 1996; Lee y col., 1997; Nakano y col., 1997; Agustí y col., 2003). Del mismo modo, tratamientos precosecha con nitrato cálcico se han mostrado también eficaces para retrasar la maduración del caqui 'Triumph' (Agustí y col., 2004). Estos tratamientos se describen con más detalle en el Capítulo 8.

La cosecha del caqui se realiza en otoño y en la mayoría de las variedades son necesarios dos o tres pases durante un periodo que oscila entre uno y tres meses. La recolección de los frutos se realiza manualmente, siendo muy importante que éstos se manipulen con sumo cuidado. Los golpes durante la recolección puedan provocar heridas visibles y también alteraciones fisiológicas en los frutos que, aunque no sean visibles a simple vista en el momento de la cosecha, pueden manifestarse luego durante la confección y comercialización. Los daños en recolección pueden suponer unas pérdidas de hasta un 60% en la inspección de entrada a las centrales de confección. Para evitarlos es recomendable escindir los frutos del árbol con tijera, utilizar envases de recolección protegidos y poco profundos, y evitar los trasiegos intermedios innecesarios. La fruta cosechada debe colocarse de forma cuidadosa evitando golpes y lesiones entre frutos, con especial atención en el caso de variedades con el ápice puntiagudo como ‘Hachiya’ (Ullio, 2003).

12.2. ELIMINACIÓN DE LA ASTRINGENCIA

12.2.1. La astringencia de los frutos de caqui

Aunque algunos estudios sugieren que la astringencia sensorial es una sensación de sabor (Schiffman y col., 1992), en la actualidad está ampliamente aceptado que la astringencia es una sensación táctil de las superficies bucales cuya lubricación habitual se ve afectada por la precipitación de las proteínas de la saliva (Lyman y Green, 1990). De hecho, la astringencia ha sido definida por la ‘American Society for Testing and Materials’ (ASTM, 1995) como ‘el complejo de sensaciones debidas a la constricción y sequedad del epitelio como resultado de la exposición a sustancias tales como ácidos tánicos’.

En el caso de frutos de caqui, la sensación de astringencia se debe a su alto contenido de taninos solubles. Como ya se ha indicado, en las variedades de tipo astringente los frutos presentan niveles elevados de taninos, mientras que en las variedades de tipo no astringente el contenido de taninos solubles desciende con la maduración hasta niveles no detecta-

bles sensorialmente. Dentro de estos dos grandes grupos, astringentes y no astringentes, hay variedades de polinización variable y de polinización constante, por lo que las variedades pueden clasificarse en cuatro grupos: PCNA, frutos siempre fecundados y no astringentes; PCA, frutos siempre fecundados y astringentes; PVA frutos variables a la fecundación y astringentes; y PVNA, frutos variables a la fecundación y no astringentes (Bellini y Giannelli, 1982; Sugiura, 1983). En las variedades PCNA los frutos nunca son astringentes independientemente de la presencia de semillas y pueden recolectarse duros para su consumo directo. A este grupo pertenecen variedades como 'Fuyu', 'Jiro', 'Hana Fuyu' y 'O'Gosho'. Los frutos de las variedades PVNA no son astringentes en cosecha cuando tienen semillas, pero si no han sido polinizados (y por lo tanto no tienen semillas) presentan astringencia y no pueden consumirse directamente. La variedad 'Kaki Tipo' se encuentra dentro de este grupo. En las variedades PVA los frutos son astringentes incluso si han sido polinizados, perdiendo la astringencia únicamente en las zonas próximas a las semillas, donde la pulpa suele presentar una tonalidad más oscura. Las variedades 'Rojo Brillante', 'Fuji' y 'Tonewase' pertenecen a este grupo. Los frutos de variedades PCA son siempre astringentes cuando están firmes. A este grupo pertenecen 'Hachiya' y 'Triumph'. En el Capítulo 2 y el Capítulo 3 se discuten todos estos aspectos con más detalle y se incluye una lista más completa de las variedades de cada grupo.

En todos los grupos de variedades, cuando el fruto es pequeño e inmaduro siempre presenta un alto nivel de astringencia. En las variedades de tipo no astringente PCNA, el fruto va perdiendo progresivamente la astringencia durante su desarrollo en el árbol. Sin embargo, en las variedades astringentes (no-PCNA) el fruto presenta una elevada astringencia, incluso cuando ha alcanzado su tamaño y color definitivos. Únicamente cuando los frutos sobremaduran y se vuelven muy blandos pierden por completo la astringencia y son comestibles.

Los taninos solubles de los frutos de caqui se acumulan en las vacuolas de las células denominadas 'células tánicas' (Gottreich y Blumenfeld,

1991; Yonemori y col., 1997a; Salvador y col., 2007). En los frutos astringentes las vacuolas de las células tánicas contienen 10-12% (p/v) de taninos, mientras que las células del parénquima contienen únicamente trazas de taninos y son mucho más ricas en azúcares solubles (Yonemori y col., 1997b). Al comer frutos de caqui de variedades astringentes, las células tánicas de la pulpa se rompen liberando los taninos solubles que entran en contacto con las proteínas salivares formando complejos insolubles. La presencia de estos complejos 'proteína-tanino' disminuye la lubricación salivar entre las superficies de la boca y tiene como resultado la sensación táctil de astringencia (Thorngate y Noble, 1995; Prinz y Lucas, 2000).

El contenido en taninos solubles varía notablemente en función de la variedad, no sólo entre las de tipo astringente y no astringente, sino también dentro de las astringentes. Así por ejemplo, mientras que los frutos de caqui de la variedad astringente 'Giombo' presentan un contenido de taninos solubles alrededor de 0.26% p.f. (Antoniolli y col., 2000), en la variedad 'Tsurunoko' pueden llegar hasta el 2.3% p.f. (Yamada y col., 2002). Además de por la variedad en sí, la concentración de taninos soluble está determinada de manera importante por el estado fisiológico del fruto, ya que durante la maduración tiene lugar un descenso en el contenido de taninos. Así por ejemplo, el contenido de taninos solubles en frutos de caqui 'Rojo Brillante' desciende del 0.6% p.f. a principios de campaña al 0.4% p.f. en cosecha (Salvador y col., 2007).

Durante algún tiempo se consideraba que concentraciones de taninos inferiores al 1% p.f. no provocaban sensación de astringencia (Vidrih y col., 1994, Antoniolli y col., 2000; Yamada y col., 2002; Antoniolli y col., 2003). Sin embargo, en algunas ocasiones frutos con concentraciones mucho más bajas de hasta 0.06% p.f. pueden resultar astringentes para algunos consumidores (Besada y col., 2010b). Hay que tener en cuenta que la percepción de la astringencia está condicionada por diferentes factores como la repetición del estímulo, la presencia de azúcares y ácidos, e incluso por el flujo y la composición de la saliva de cada individuo. Por

lo tanto, la concentración mínima de taninos que determina si un fruto de caqui es o no astringente dependerá de las características de cada variedad y del estado de madurez del fruto.

12.2.2. Estructura química e insolubilización de los taninos en los frutos de caqui

Químicamente los taninos son mezclas de polifenoles. Los taninos del caqui pertenecen específicamente al grupo de las proantocianidinas, y su estructura química fue dilucidada tras muchos años de estudio por Matsuo y Itoo (1978), que determinaron que eran proantocianidinas del grupo B con alto peso molecular. Por medio de reacciones de tiolisis se demostró que las unidades formadoras del polímero son catequina, catequina-3-galato, galocatequina y galocatequina-3-galato. Tanaka y col. (1994) observaron que las uniones interflavan C4-C8 eran las predominantes. En la actualidad está ampliamente aceptado que ésta es la estructura de los taninos de caqui y que las proporciones en las se encuentran las unidades flavan-3-ol (catequinas) es específica para cada variedad. Se han descrito proporciones de catequin, catequina-3-galato, galocatequina y galocatequina-3-galato tan diversas como 1:1:2:2 y 4:1:22:6 (Matsuo y Itoo, 1978; Tanaka y col., 1994). Estudios recientes han demostrado que las unidades mayoritarias del caqui 'Rojo Brillante' son epigalocatequina y epigalocatequina-galato, mientras que la epicatequina y epicatequina-galato están presentes en menor proporción (Besada y col., 2011).

Las proantocianidinas (taninos) del caqui se encuentran generalmente en forma soluble. Sin embargo, en presencia de un compuesto volátil denominado acetaldehído que producen los frutos en determinadas condiciones, los taninos pasan a su forma insoluble por procesos de polimerización. Estudios realizados *in vitro* demostraron que a pH 6-8 los taninos reaccionaban con el acetaldehído en un tiempo relativamente corto y pasaban a formar un gel (Matsuo y Itoo, 1982). En otros estudios *in vivo* se observó que los taninos solubles que provocan la astringencia reaccionan

con el acetaldehído formando taninos insolubles, que no son detectables a nivel sensorial y no provocan astringencia (Matsuo y col., 1991).

El acetaldehído puede generarse en el propio fruto mediante la oxidación del etanol endógeno o exógeno y también por decarboxilación del ácido pirúvico. Por lo tanto, se puede inducir la acumulación de acetaldehído en el fruto sometándolo a condiciones de anaerobiosis o mediante aplicaciones exógenas de etanol. La piruvato decarboxilasa y la alcohol deshidrogenasa son enzimas clave en este mecanismo de acumulación de acetaldehído. El acetaldehído acumulado en el fruto actúa de puente conectando dos proantocianidinas, que causa su insolubilización y la consiguiente pérdida de astringencia. Es importante tener en cuenta que la facilidad con la que tiene lugar esta reacción dependerá fundamentalmente del tipo de variedad. Por ejemplo, la insolubilización de taninos en variedades de tipo PCNA es más lenta que en las variedades no pertenecientes a este grupo (Yonemori y Matsushima, 1984).

12.2.3. Pérdida natural de astringencia de los frutos en el árbol

Como se ha mencionado anteriormente, las variedades de caqui se clasifican en cuatro grupos en función de su patrón de pérdida de astringencia en el árbol: PCNA, PVA, PVNA, PCA. En todos estos grupos, cuando los frutos son pequeños e inmaduros presentan una elevada astringencia. En el caso de las variedades no-PCNA, es decir, PVA, PVNA, PCA, la pérdida de astringencia está relacionada con la capacidad de las semillas para producir volátiles durante el desarrollo del fruto. Las semillas de los frutos de tipo PVNA generan importantes cantidades de acetaldehído, lo que se traduce en una pérdida natural de la astringencia por insolubilización de taninos. Las semillas de los frutos de tipo PVA producen cantidades limitadas de acetaldehído, por lo que la pérdida de la astringencia queda restringida a las zonas de la pulpa próximas a las semillas. En el caso de los frutos de tipo PCA la producción de acetaldehído en las semillas es prácticamente nula, de ahí que el fruto permanezca astringente incluso cuando alcanza la madurez adecuada para ser recolectado (Sugiura y col., 1979; Sugiura y Tomana, 1983).

El mecanismo por el cual las variedades PCNA (no astringentes) pierden la astringencia en el árbol de forma natural parece ser más complejo. En la mayoría de estas variedades la producción de acetaldehído en las semillas es nula y además la pérdida de astringencia tiene lugar independientemente de la presencia de semillas. Esta característica propia de los frutos PCNA que les permite perder la astringencia de forma natural es de gran interés para los mejoradores, y durante años numerosas investigaciones han abordado su estudio (Capítulo 3).

La principal causa de la pérdida natural de astringencia en las variedades PCNA (no astringentes) parece ser la interrupción del desarrollo de las células tánicas en estados iniciales del crecimiento del fruto. Esto provocaría la dilución de la concentración de taninos en la pulpa a medida que el fruto continúa aumentando de tamaño. Por otra parte, en las variedades no-PCNA (astringentes) se ha observado que el desarrollo de las células tánicas es continuo incluso en estados muy avanzados del crecimiento del fruto (Yonemori y Matsushima, 1985; 1987). Estudios realizados mediante técnicas de reconstrucción de imágenes tridimensionales apoyan esta hipótesis, ya que se han observado diferentes patrones de distribución de las células tánicas en la pulpa de frutos de variedades de tipo astringente (PCA) respecto a las de tipo no astringente (PCNA).

En ambos casos, durante las fases iniciales de división celular del fruto las células tánicas se distribuyen densamente formando una especie de masa continua de células tánicas conectadas entre sí. Sin embargo, en las fases más avanzadas de desarrollo del fruto las células tánicas se distribuyen de forma dispersa en la pulpa de las variedades PCNA, mientras que en las PCA se sigue observando agregaciones de gran densidad (Yonemori y Suzuki, 2009). La interrupción en el desarrollo de las células tánicas de las variedades PCNA se ha relacionado con la expresión de los genes implicados en la biosíntesis de flavonoides. Estos genes muestran un alto nivel de expresión en los estados iniciales de desarrollo del fruto, tanto en las variedades PCA como no-PCNA. En fases más avanzadas de desarrollo del fruto la expresión de estos genes es indetectable en variedades PCNA, co-

inciendiando con el momento en que estos frutos dejan de acumular taninos. Sin embargo, en las variedades PCA estos genes mantienen un alto nivel de expresión hasta los últimos estados de desarrollo del fruto, coincidiendo con la acumulación continua de taninos (Ikegami y col., 2005a, 2005b).

No obstante, todavía hay algunos aspectos que no están claros respecto al mecanismo de pérdida natural de la astringencia en el árbol. Así por ejemplo, en la variedad de origen chino 'Luo-tian-tian-shi' la expresión de los genes implicados en la síntesis de flavonoides es continua a pesar de que haya una parada en el desarrollo de las células tánicas (Kanzaki y col., 2000; Ikegami y col., 2005a). Otro aspecto todavía sin aclarar es por qué algunas variedades de tipo PCNA, como 'Fuyu', presentan taninos residuales cuando se cultivan en climas fríos (Mowat y col., 1988). Se sabe que son necesarias temperaturas de unos 25°C que para que las variedades PCNA pierdan por completo la astringencia de forma natural en el árbol, pero se desconoce de qué forma afecta exactamente la temperatura a los procesos de pérdida de astringencia.

Por otra parte, existen también algunas diferencias en las propiedades químicas de los taninos entre variedades de tipo PCNA y no-PCNA. Se ha observado mediante cromatografía de exclusión que el tamaño de las moléculas de taninos es mayor en frutos tipo no-PCNA que en los PCNA (Yonemori y Matsushima, 1984). Además los frutos de tipo no-PCNA parecen poseer una mayor proporción de unidades de galocatequina (Nakatsubo y col., 2002; Suzuki y col., 2005). Como ocurre en caquis astringentes, dentro del grupo PCNA la proporción de las diferentes unidades que forman los taninos depende también de la variedad (Suzuki y col., 2005).

12.2.4. Eliminación artificial de la astringencia de los frutos en poscosecha

Cuando la sensación de astringencia es intensa resulta muy desagradable en la boca, por lo que los frutos de las variedades astringentes no pueden consumirse directamente en el momento de la cosecha. En estos casos es necesario aplicar tratamientos poscosecha para eliminar la astringencia

antes de la comercialización. Como ya se ha mencionado, independientemente del tipo de variedad, todos los caquis acaban perdiendo la astringencia cuando alcanzan estados muy avanzados de sobremaduración. Sin embargo, esta sobremaduración implica una pérdida muy importante de firmeza, por lo que en estas condiciones el fruto es extremadamente blando y su manipulación poscosecha es muy limitada.

La pérdida de astringencia por sobremaduración puede alcanzarse bien en el árbol o bien mediante tratamientos poscosecha con etileno exógeno. Si bien durante años el tratamiento de los frutos con etileno fue la forma habitual de eliminación de la astringencia del caqui, actualmente se ha convertido en una práctica minoritaria debido a la introducción de nuevos tratamientos poscosecha más eficientes que permiten eliminar la astringencia del fruto afectando mínimamente su firmeza. De esta forma, los frutos son menos susceptibles a la manipulación, almacenamiento y transporte, y tienen una vida útil más larga.

La mayoría de los tratamientos poscosecha para la eliminación de la astringencia en caquis recolectados duros se basan en someter al fruto a condiciones que desencadenan la acumulación de acetaldehído. Como ya se ha comentado, la acumulación de este compuesto volátil provoca la insolubilización de taninos y la pérdida de astringencia mediante reacciones de polimerización. Durante años se han ensayado tratamientos basados en la exposición del fruto a vapores de alcohol, altas concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) o nitrógeno (N_2), y la aplicación de agua caliente en diferentes variedades de caqui (Taira y col., 1989; 1992a; 1992b; Itamura y col., 1991; Tanaka y col., 1994; Yamada y col., 2002; Arnal y del Río, 2003). Un factor común a todos estos tratamientos es que inducen la respiración anaerobia del fruto y la acumulación de acetaldehído (Ben-Arie y Sonego, 1993). Numerosos estudios han relacionado el descenso de taninos solubles y su eficacia como tratamientos de eliminación de astringencia, con el grado de acumulación de acetaldehído en el fruto (Matsuo y Itoo, 1977; Sugiura y col., 1979; Taira y col., 1989; Sugiura y Tomana, 1983; Pesis y col., 1987).

La eficacia de estos tratamientos depende fundamentalmente de la variedad. La aplicación de altas concentraciones de CO_2 es más efectiva que los tratamientos con N_2 en algunas variedades (Zavrtanik y col., 1999; Arnal y del Río, 2003), mientras que en otras la efectividad es mayor con N_2 (Ahmed y Sobieh, 2007). En la actualidad la exposición del fruto a altas concentraciones de CO_2 es el tratamiento más utilizado por la industria del caqui.

12.2.5. Factores que afectan la eficacia del tratamiento de desastringencia

En este apartado comentaremos aquellos factores que afectan de manera importante a la eficacia del tratamiento de desastringencia. Aunque algunos de estos factores deben tenerse en cuenta independientemente del tratamiento seleccionado, aquí nos centraremos en los que determinan la efectividad del tratamiento con altas concentraciones de CO_2 . La aplicación de este tratamiento consiste en la exposición de los frutos a una atmósfera rica en CO_2 . Los frutos se introducen en una cámara cerrada donde se inyecta un flujo de CO_2 que desplaza el aire. Con la ayuda de sistemas de control y sensores de CO_2 , se realizan inyecciones periódicas del gas en el interior de la cámara con el fin de mantener la concentración deseada durante el tiempo que dure el tratamiento.

La concentración de CO_2 , la temperatura de aplicación y la duración del proceso son los parámetros más importantes en la eficacia del tratamiento. Concentraciones del 95-100% de CO_2 aseguran un mayor nivel de eficacia, siendo de gran importancia conseguir una distribución homogénea del gas en el interior de la cámara, ya que la formación de bolsas de aire afecta negativamente a la eficacia del proceso de desastringencia. Concentraciones por debajo de estos porcentajes pueden resultar en fruta con cierta astringencia residual (Besada, 2008). Las temperaturas bajas durante el tratamiento ralentizan la eliminación de la astringencia. Estudios realizados en caqui 'Rojo Brillante', comparando la aplicación del tratamiento a 12°C respecto a 20°C, han demostrado que la eliminación de astringencia es más eficaz a mayor temperatura (Besada, 2008). La

temperatura de aplicación recomendada para esta variedad es de 20°C. Sin embargo, el estado inicial de la fruta es clave a la hora de decidir la temperatura de aplicación. Hay que tener en cuenta que el caqui es un fruto muy sensible al etileno y que las temperaturas de 20°C podrían favorecer la producción de este compuesto, comprometiendo la firmeza de los frutos cuando hay algunos sobremadurados o con heridas. Un triaje previo de la fruta antes de la aplicación del tratamiento evitaría este riesgo. Por otra parte, cuando los frutos se recolectan en días fríos es recomendable atemperarlos en el almacén, con el fin de que la temperatura de la pulpa no sea excesivamente baja y afecte negativamente a la eficacia del proceso.

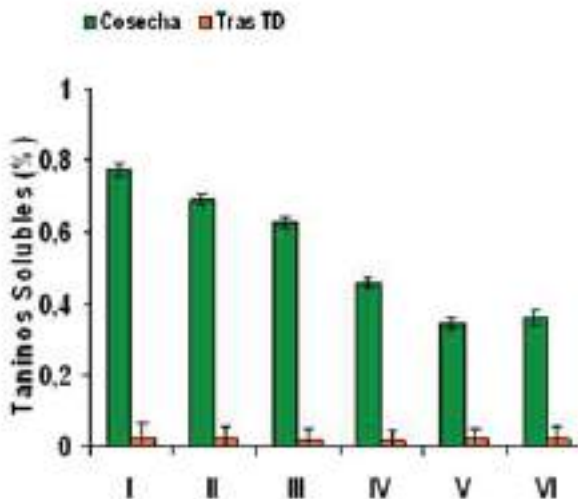
Otro factor a tener en cuenta en la desastringencia del caqui con CO₂ es la duración del tratamiento. La primera fase del proceso tiene lugar durante el periodo que el fruto está expuesto a las condiciones de tratamiento. En esta fase se acumulan altos niveles de acetaldehído y comienza el proceso de insolubilización de taninos. La segunda fase del proceso puede continuar incluso después del tratamiento, cuando la insolubilización de los taninos no ha terminado pero el nivel de acetaldehído acumulado es suficiente. Aunque si bien esto permite acortar en cierta medida el tiempo de aplicación del tratamiento, su duración debe ser suficiente para que se acumule el nivel de acetaldehído necesario o de lo contrario la pérdida de astringencia no será completa.

En general, la duración del tratamiento es el parámetro más fácilmente manejable en la aplicación de CO₂ y, de hecho, es habitual prolongar el tratamiento para intentar compensar deficiencias en el control de la temperatura y concentración de CO₂. Si la temperatura de aplicación o el nivel de CO₂ son bajos, será necesario prolongar el tratamiento para asegurar su eficacia. No obstante, hay que tener en cuenta que una duración excesiva del tratamiento puede comprometer la firmeza de los frutos. Además tratamientos muy prolongados pueden ocasionar la aparición de alteraciones internas durante el periodo de conservación y/o comercialización (Fig. 11.12, Capítulo 11).

Por otra parte, entre los factores extrínsecos al tratamiento, el estado de madurez del fruto influye de manera muy importante en la eficacia del mismo. La fruta de principio y mitad de campaña, con una elevada firmeza, pierde la astringencia más fácilmente que la fruta en estados de madurez más avanzados a final de campaña. Por lo tanto, conseguir una cierta homogeneidad en el estado de madurez de la fruta en el momento de aplicar el tratamiento con CO₂ permitirá decidir de una forma más precisa su duración y obtener mejores resultados.

Todos estos factores deben tenerse en cuenta a la hora de optimizar el tratamiento para una variedad determinada. A partir de los estudios llevados a cabo en el IVIA, se han definido las condiciones óptimas de aplicación del tratamiento con CO₂ para la variedad 'Rojo Brillante': una concentración del 95-100% de CO₂ aplicada durante 24 horas a una temperatura de 20°C. Este tratamiento se ha mostrado efectivo en los diferentes estados de madurez del fruto (Salvador y col., 2007) (Fig. 12.2).

Figura 12.2. Descenso del contenido de taninos solubles tras el tratamiento de desastringencia (95-100% CO₂, 24h, 20°C) aplicado a frutos de caqui 'Rojo Brillante' en distintos estados de madurez.



Por otra parte, hay que tener en cuenta que las condiciones a las que ha estado expuesto el fruto previamente a recibir el tratamiento de desastringencia pueden afectar también la eficacia del proceso. Se ha observado que los frutos conservados durante periodos prolongados a temperaturas de 15°C presentan una mayor dificultad para la eliminación de la astringencia que los que están recién recolectados. Esto se ha atribuido a los cambios estructurales sufridos por la pulpa durante la conservación, que pierde su integridad estructural dificultando la difusión del CO₂ (Salvador y col., 2008). Si la conservación se realiza a bajas temperaturas y el fruto presenta un firmeza elevada tras el almacenamiento no se dan este tipo de dificultades en el proceso de desastringencia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que es necesario atemperar la fruta antes de su entrada en la cámara de CO₂. Determinadas condiciones de cultivo pueden afectar también al fruto, dificultando el proceso de desastringencia. La aplicación de tratamientos para adelantar la maduración (Capítulo 8) o el cultivo bajo condiciones de déficit incontrolado de agua (Capítulo 6) podrían comprometer también la eficacia del tratamiento.

12.3. CONSERVACIÓN

La frigoconservación es la principal herramienta disponible para prolongar la vida poscosecha de gran número de frutas y hortalizas. El mantenimiento de los frutos a baja temperatura ralentiza su actividad bioquímica, reduce el crecimiento y propagación de microorganismos y merma la pérdida de humedad del fruto alargando su vida poscosecha. No obstante, la conservación de los frutos a temperaturas inadecuadas puede producir desórdenes fisiológicos, especialmente en las frutas de origen tropical y subtropical causando graves alteraciones denominadas genéricamente como 'daños por frío'. Este término se utiliza para describir las alteraciones fisiológicas que se producen en algunos frutos cuando son expuestos a temperaturas por debajo de un umbral crítico.

Los daños por frío se dan tras un periodo de exposición a temperaturas inferiores a 10-15°C, pero superiores al punto de congelación del fruto.

A estas temperaturas, los tejidos del fruto se debilitan debido a la imposibilidad de que los procesos metabólicos se desarrollen de forma normal. Tanto la temperatura como la duración de la exposición al frío están implicadas en el desarrollo de esta alteración fisiológica. Estos daños pueden desarrollarse en un corto periodo de tiempo si el almacenamiento se realiza por debajo del umbral de temperatura crítico para el cultivo. No obstante, el fruto puede resistir a temperaturas dentro de la zona crítica durante un periodo de tiempo prolongado antes de que los daños sean irreversibles.

En el desarrollo de los daños por frío intervienen una serie de factores genéticos, fisiológicos y bioquímicos, e incluso también las condiciones y propiedades térmicas del cultivo. Se ha observado que las especies climáticas son más proclives a sufrir daño por frío cuando tienen mucha actividad metabólica y una elevada tasa respiratoria. El estado de madurez en cosecha y el grado de evolución del fruto son también factores importantes que determinan su sensibilidad a los daños por frío. Los frutos inmaduros o precoces se han mostrado más sensibles a las bajas temperaturas que los maduros o tardíos de la misma cosecha, con independencia de que sean climatéricos o no (Artés y Artés-Hernández, 2003).

En el caso del caqui, las condiciones idóneas de frigoconservación dependen en gran medida de la variedad. Algunas variedades pueden almacenarse a temperaturas cercanas a 0°C sin pérdida aparente de calidad (Testoni, 2002), mientras otras son susceptibles a los daños por frío cuando se conservan a estas temperaturas (MacRae, 1987a; Collins y Tisdell, 1995; Arnal y Del Río, 2004).

Daño por frío en caqui y tratamientos para su control

Aunque depende de la variedad, los daños por frío en caqui se han relacionado en la mayoría de los casos con alteraciones en la firmeza de la pulpa. El principal síntoma de daño por frío en variedades como ‘Rojo Brillante’ y ‘Suruga’ es un ablandamiento drástico de la pulpa (Collins y Tisdell, 1995; Arnal y Del Río, 2004). Mientras el fruto permanece a bajas

temperaturas el daño no es visible y la firmeza de la pulpa se mantiene sin cambios. Sin embargo, cuando el fruto se transfiere a temperaturas de comercialización tiene lugar una importante pérdida de firmeza. En caqui 'Rojo Brillante' se ha observado que tras un periodo variable a 1°C puede producirse un cambio estructural en la pulpa del fruto, sin sufrir una pérdida de firmeza pero adoptando una textura dura y gomosa (Salvador y col., 2005a, 2005b). Otro síntoma asociado al daño por frío es el pardeamiento interno, especialmente en conservaciones muy prolongadas. Se manifiesta como un oscurecimiento del área central del fruto junto con la aparición de nódulos por compactación de áreas localizadas de la pulpa en la zona superior del fruto (Arnal y col., 2005).

En variedades de caqui como 'Fuyu' y 'Suruga' se han citado también como síntomas de daños por frío la gelificación y el oscurecimiento interno de la pulpa, así como una transparencia de la piel (MacRae, 1987b; Woolf y col., 1997a; Collins y Tisdell, 2005). En 'Rojo Brillante' los daños por frío normalmente no se observan durante el almacenamiento a bajas temperaturas, si no que se manifiestan tras dos o tres días a temperatura ambiente. Sin embargo, cuando la frigoconservación es muy prolongada los daños pueden ser visibles incluso durante el almacenamiento en frío.

Además de la variedad, la temperatura y la duración del almacenamiento, la aparición de los daños por frío depende también de otros factores que pueden influir en su desarrollo. Así la sensibilidad del caqui 'Rojo Brillante' a las bajas temperaturas depende en gran medida del estado de madurez en el momento de cosecha. La fruta recolectada a principio de campaña presenta una mayor incidencia de alteraciones causadas por las bajas temperaturas, tales como pérdida de firmeza y pardeamiento interno (Arnal y col., 2005; Salvador y col., 2005a, 2005b). Esto podría estar relacionado con la producción de etileno en los frutos durante su desarrollo, ya que la incidencia de daños por frío se ha relacionado con un incremento en la emisión de etileno (Arnal y col., 2005). La mayor sensibilidad al frío de los frutos recolectados en estado de madurez temprano se ha observado también en la variedad 'Fuyu' (Krammes y col., 2006).

En esta variedad se ha demostrado que la exposición del fruto a concentraciones de etileno de tan sólo 0,2 $\mu\text{L/L}$ previas a la frigoconservación pueden agravar los daños por frío (Besada y col., 2010a).

Debido a las importantes pérdidas de calidad poscosecha causadas por los daños por frío, uno de los principales objetivos de la investigación en los últimos años ha sido determinar el mecanismo de aparición de estas alteraciones, así como introducir métodos para reducir su incidencia y prolongar el almacenamiento frigorífico. Los daños por frío en caqui se han asociado con cambios en la estructura celular. En algunas variedades como 'Rojo Brillante' y 'Fuyu' la pérdida de firmeza de la pulpa provocada por las bajas temperaturas se ha asociado con una degradación de la pared celular y una pérdida de adhesión intercelular (Grant y col., 1992; Luo y Xi, 2005; Pérez-Munuera y col., 2009; Besada y col., 2014).

Entre los tratamientos poscosecha estudiados para reducir los daños por frío están las atmósferas controladas (AC), los tratamientos por calor y los tratamientos químicos. La atmósfera controlada (AC) o atmósfera modificada (AM) se basa en modificar las concentraciones de oxígeno (O_2) y CO_2 de la atmósfera que rodea al fruto a niveles diferentes de las que se encuentran de forma natural en el aire. Esta técnica tiene como objetivo el retraso de la senescencia mediante la reducción de la respiración y la producción de etileno, así como también evitar en parte la aparición de alteraciones fisiológicas como los daños por el frío. Su eficacia dependerá también de la condición del fruto, la variedad, el estado fisiológico, la composición atmosférica así como también de la temperatura y tiempo de almacenamiento (Kader, 2002).

Para la conservación en AC y AM deben mantenerse las concentraciones de O_2 y CO_2 cerca de los niveles óptimos, con el fin de obtener los efectos deseados sin exceder los límites de tolerancia que pueden provocar desórdenes fisiológicos. En caqui se ha descrito que las atmósferas controladas pueden permitir conservaciones en frío prolongadas, recomendado niveles de 3-5% de O_2 y 5-8% de CO_2 con temperaturas inferiores a 5°C. En estos procesos es importante prestar especial atención a la concentra-

ción de CO₂, pues niveles más altos pueden provocar pardeamiento en la pulpa y desarrollo de sabores desagradables (Crisosto y col., 1995). Sin embargo, hay que tener en cuenta que la respuesta del fruto a una atmósfera determinada puede variar de forma importante entre las diferentes variedades (Besada y col., 2015). Algunas variedades pueden presentar incluso una respuesta negativa a las condiciones mencionadas. Si las condiciones de la atmósfera de conservación no son las adecuadas, el fruto puede manifestar alteraciones internas como oscurecimiento y cambios de la textura de la pulpa (Fig. 11.13, Capítulo 11). Por lo tanto, es muy importante ensayar y optimizar la atmósfera de conservación más adecuada para cada variedad.

La mayor parte de la investigación llevada a cabo para la conservación del caqui en AC y AM se ha centrado en el uso de bolsas de atmósfera modificada, principalmente de polietileno. En su interior se genera la atmósfera deseada pasivamente durante el almacenamiento a bajas temperaturas de la fruta (Ben-Arie y Zutkhi, 1992; Brackmann y col., 1997; Camargo y col., 2004; Cia. y col., 2006). Así, en varios países como Nueva Zelanda, Corea del Sur y Japón, el caqui 'Fuyu' se almacena habitualmente en AM mediante sellado en bolsas de polietileno de 60 micras (Kawada, 1982; MacRae, 1987b; Kim y Lee, 2005; Besada y col., 2010a). Este sistema reduce la incidencia de los daños por frío, permitiendo un almacenamiento prolongado a bajas temperaturas (MacRae, 1987b; Kim y Lee, 2005). Aunque la conservación en AC no es tan frecuente como el embalaje en AM, esta tecnología tiene un gran potencial para mejorar el almacenamiento de la fruta de algunas variedades (Brackmann y col., 1997; Park, 1999; Donazzolo y Brackmann, 2002).

La aplicación de tratamientos de calor previos al almacenamiento frigorífico ha demostrado tener un efecto positivo en la reducción de los daños por frío en algunas variedades de caqui. En 'Rojo Brillante' se obtuvo un buen control de los daños por frío mediante los tratamientos de agua caliente, que permitieron prolongar la frigoconservación (Besada y col., 2008a). Sin embargo, el efecto sobre la calidad de la fruta fue variable

según el estado de madurez de la misma, así como también de la temperatura y duración del tratamiento. La aplicación de baños de agua caliente a 45°C y 50°C a fruta recolectada a principio de campaña resultó en un importante control de los daños por frío. Sin embargo, cuando se aplicaron temperaturas de 55°C se observaron alteraciones en la piel del fruto en forma de un agrietamiento de la misma. Por otra parte, cuando los tratamientos de agua caliente se aplicaron sobre fruta recolectada a mitad y final de campaña la reducción del ablandamiento se vio acompañada de la presencia de alteraciones en la piel, quedando seriamente comprometida la calidad del fruto.

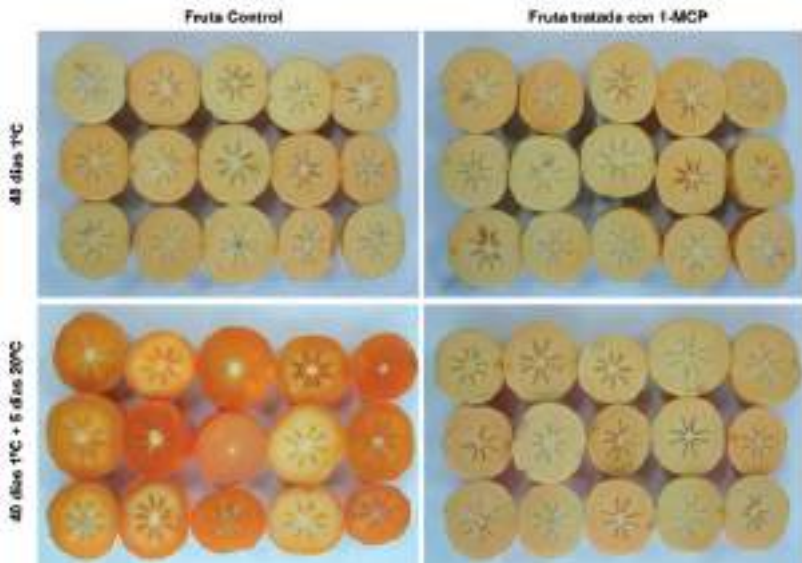
En la variedad no astringente 'Fuyu', la aplicación de tratamientos de aire caliente y baños de agua caliente previos al almacenamiento frigorífico resultaron también en una reducción de la gelificación y ablandamiento de la pulpa asociados a los daños por frío (Burmeister y col., 1997; Lay-Yee y col., 1997; Woolf y col., 1997a; 1997b). El efecto de los tratamientos de calor en la reducción de los daños por frío se ha relacionado con la inhibición de la síntesis de etileno y los cambios en la actividad enzimática responsable de la degradación celular (Vierling, 1991; Lurie y col., 1996; Woolf y col. 1997b). Sin embargo, un aspecto que hay que tener en cuenta en la aplicación de los tratamientos por calor es que pueden provocar pardeamientos externos e internos sobre todo con temperaturas elevadas y tiempos de aplicación es prolongados (Woolf y col., 1997a). De ahí que en la actualidad estos tratamientos no se estén aplicando a nivel comercial.

Se han obtenido resultados muy interesantes en el control de los daños por frío con la aplicación de 1-Metilciclopropano (1-MCP), un potente inhibidor de la acción del etileno. Aplicado tras la cosecha, el 1-MCP retrasa los síntomas de ablandamiento del fruto y la gelificación de la pulpa durante el almacenamiento a baja temperatura, que son los principales daños observados en variedades sensibles como 'Rojo Brillante', 'Fuyu' y 'Youhou' (Salvador y col., 2004a; Kim y Lee, 2005; Krammes y col., 2006; Besada y col., 2008b; Zhang y col., 2010). En caqui 'Rojo Brillante', las aplicaciones

de 1-MCP previas a la frigoconservación permiten el almacenamiento de la fruta hasta 40 días, lo que de otra forma no sería posible (Fig. 12.3).

El ablandamiento del fruto causado por el frío es el resultado de la degradación del material de la pared celular con la consiguiente pérdida de adhesión intercelular. El tratamiento con 1-MCP preserva la integridad de las paredes celulares y la adhesión entre las células adyacentes (Pérez-Munuera y col., 2009). La aplicación de este compuesto reduce también la permeabilidad de la membrana durante el almacenamiento en frío y su posterior comercialización a temperatura ambiente (Zhang y col., 2010). El control de los daños por frío como resultado de la aplicación de 1-MCP se ha asociado también con el mantenimiento de una mayor actividad de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT), así como con una disminución en la actividad de enzimas prooxidantes, como la polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD) (Zhang y col., 2010).

Figura 12.3. Control de daño por frío en caqui 'Rojo Brillante' mediante la aplicación de 1-MCP.



Por otra parte, la aplicación de 1-MCP mantiene también la calidad durante el almacenamiento del caqui a temperaturas moderadas de 15°C, permitiendo alargar su vida útil. Esto se ha observado en variedades astringentes como 'Tonewase', 'Saijo', 'Hiratanenashi', 'Triumph' y 'Rojo Brillante' (Harima y col., 2003; Kubo y col., 2003; Tsviling y col., 2003; Salvador y col., 2004a) así como en variedades no-astringentes como 'Bianhua', 'Matsumotowase-Fuyu', 'Rendaiji', 'Qiandaowuhe', 'Nathanzy' y 'Fuyu' (Luo, 2004; Niikawa y col., 2005; Ortiz y col., 2005; Luo, 2007; Ramin, 2008; Fang y col., 2009). Además de la variedad, la eficacia del tratamiento con 1-MCP depende también del estado de madurez del fruto, siendo más efectivo en las etapas iniciales e intermedias de madurez (Kurahashi y col., 2005).

12.4. OPERACIONES DE CONFECCIÓN

Tras la recolección, los frutos se someten a una serie de operaciones de acondicionado en centrales hortofrutícolas antes de su envío al mercado de destino. En el caso del caqui consisten básicamente en la aplicación del tratamiento de eliminación de la astringencia en las variedades que lo precisan, la conservación frigorífica y la confección de la fruta para su comercialización en función de la demanda del mercado.

Las líneas de confección se utilizan para la limpieza, lavado, tratamiento y encajado de los frutos. Estas líneas deben dimensionarse de forma que haya un flujo constante de fruta que permita una confección eficiente, en la que los operarios puedan desarrollar las tareas de triaje y selección con facilidad minimizando los daños mecánicos en los frutos. En las líneas de confección deben evitarse en la medida de lo posible los saltos, así como cambios bruscos de altura o de dirección que puedan causar heridas, rozamientos y alteraciones fisiológicas en la fruta, muchas veces no perceptibles a simple vista. Los frutos electrónicos son una herramienta eficaz para evaluar el impacto de la maquinaria sobre los frutos. No obstante, hay que tener en cuenta que pueden existir golpes por debajo del umbral de daño que, repetidos en el tiempo, pueden ocasionar graves desórdenes sobre los frutos.

Los frutos de caqui se incorporan a la línea de confección mediante un volcado, que puede ser de tipo manual o mecánico en función de la capacidad de la línea y el volumen de la fruta a confeccionar. En ambos casos es fundamental minimizar los impactos de la fruta con la línea, realizando un volcado cuidadoso de las cajas y acolchando las zonas de contacto. También puede realizarse el volcado de los frutos de caqui sobre una balsa de agua, en la que la traslación de la fruta se realiza mediante rodillos impulsados por corrientes de agua. En este tipo de volcado se amortigua la caída del fruto de manera considerable y es el sistema habitual en las líneas de confección de las frutas más sensibles a los daños mecánicos.

Una vez incorporada a la línea, es muy importante realizar una selección o tríaje de la fruta en la que se eliminan del flujo principal todos aquellos frutos con alteraciones o defectos que puedan evolucionar y provocar problemas durante la poscosecha (golpes, cortes, heridas sin cicatrizar, etc.). Una vez seleccionada la fruta normalmente se le aplica un simple cepillado, que en el caso del caqui es suficiente para conseguir una fruta brillante con buena apariencia. Aunque no es muy común, también pueden incorporarse a la línea un lavado y posterior secado para conseguir de esta forma un mejor aspecto. Además, lavando la fruta se retira la suciedad procedente del campo y se disminuye la concentración de residuos de los productos fitosanitarios aplicados en precosecha. Los detergentes empleados en el lavado han de dosificarse correctamente y deben ser específicos para la limpieza de fruta, con distintos pH y composiciones según el uso e intensidad de lavado que queramos aplicar. La aplicación del detergente puede realizarse mediante cortina de espuma (producción de espuma con batidora o burbujeo de aire) o barra de goteo, en la que la aplicación se realiza mediante adición de gotas de agua con detergente y no con un chorro continuo de agua.

El aclarado de los detergentes ha de ser siempre perfecto, pues la presencia de restos de estos productos en los frutos los dejará pegajosos y con falta de brillo. Hay que dejar un espacio de tiempo suficiente entre la aplicación del detergente y el aclarado para que haya un tiempo de contacto

adecuado y por tanto buen tratamiento y buena limpieza. Aunque poco frecuentes debido a la limitación de productos poscosecha autorizados en caqui, es posible aplicar en línea por vía acuosa sobre la fruta (sistema on-line) algún compuesto para mejorar la condición de la fruta. Consiste en aplicar un tratamiento a bajo volumen, previamente diluido a la concentración deseada, sobre la fruta por pulverización con rotores o boquillas. Se aplicaría posteriormente al lavado y requeriría de un secado posterior con túneles de aire. La fruta debe llegar a este punto con la menor cantidad de agua posible para evitar la dilución del tratamiento aplicado.

Igualmente, y aunque tampoco está muy extendido su uso en caqui, se puede encerar la fruta en la línea. La mayoría de aditivos alimentarios registrados en otros cultivos para su aplicación con ceras no están autorizados para su uso en frutos de caqui. Sin embargo, se pueden aplicar algunos recubrimientos comestibles autorizados. Para conseguir un encerado óptimo, la fruta debe llegar completamente seca al aplicador. Si la fruta está mojada, el agua diluye el recubrimiento, con lo que se pierde el brillo y el resto de propiedades fisicoquímicas del tratamiento. Para ello, la fruta debe permanecer en el interior del túnel de secado el tiempo necesario sin que la temperatura del mismo supere los 45°C.

El recubrimiento debe aplicarse a la dosis óptima. Un encerado pobre puede darnos como resultado un menor brillo y un escaso control de las pérdidas de peso de los frutos. Igualmente, un exceso de cera podría cerrar demasiado los estomas de la piel del fruto produciendo malos sabores. Podría ocasionar también un mal secado de los frutos y ensuciar la línea de confección. Tras el encerado es igualmente importante el secado de la fruta. Posteriormente a todas estas operaciones se ha de clasificar la fruta por calibres. La separación por tamaño del fruto se realiza mediante calibradores, utilizándose los de peso y cada vez más los que incorporan visión artificial (electrónicos).

Finalmente el encajado de caqui puede realizarse de forma completamente manual o bien mecánicamente. En el llamado 'Rapid Pack' la fruta

se deposita de forma automática sobre las cajas de confección y los operarios la colocan en alveolos. También puede realizarse de forma completamente automatizada, utilizando un sistema de ventosas de succión que llenan las cajas por capas. En caqui el encajado suele realizarse a una sola capa sobre alveolo plástico o de celulosa. Otra opción que está implantándose cada vez más en la confección de caqui es el pre-packing, que consiste en realizar confecciones con un peso y un número de piezas por caja previamente determinado (de 0,3 a 1 kg). Posteriormente se recubre la caja con film plástico o con malla plástica.

Alteraciones asociadas al daño mecánico provocado por el paso por línea de confección

Los impactos que sufren los frutos de caqui durante el proceso de manipulación en la línea de confección, pueden provocar daños mecánicos que desencadenan alteraciones externas o internas. Los frutos de caqui son muy susceptibles al daño por rozamiento en la línea de confección, bien por un cepillado excesivo o por el paso por rodillos. Normalmente, un rozamiento excesivo en la línea se manifiesta como un oscurecimiento de la piel o 'teñido' en la zona ecuatorial del fruto, que coincide con el área en contacto con el elemento de giro. La intensidad del daño aumenta con el tiempo que transcurre tras la confección, por lo que puede hacerse visible en el punto de venta, con los consiguientes problemas que esto acarrea para el proveedor. La sensibilidad del caqui al rozamiento es variable a lo largo de la campaña de recolección, por ello es aconsejable la realización de evaluaciones periódicas con objeto de determinar los rozamientos que puede causar la línea.

Una alteración muy común que puede limitar de forma muy considerable la comercialización del fruto es el pardeamiento de la pulpa. Este pardeamiento corresponde a un oscurecimiento del tejido, que comienza en la zona más superficial de la pulpa del fruto y va alcanzando profundidad con el tiempo. Puede presentarse sin existir síntomas externos visibles, por lo que muchas veces sólo aparece cuando el consumidor final pela

el fruto. En algunas campañas, la incidencia del pardeamiento ha llevado a la devolución de partidas completas, alcanzando unas pérdidas muy importantes de hasta el 15-20% de fruta comercializada.

Esta alteración en el caqui 'Rojo Brillante' ha sido estudiada con profundidad en el Centro de Tecnología Post-recolección del IVIA (Novillo y col., 2014a). Estos estudios demostraron que la principal causa del pardeamiento de la pulpa es el daño mecánico que sufre el fruto cuando pasa por la línea de confección. La incidencia y severidad del pardeamiento se vio también afectada por el nivel de astringencia que presenta el fruto en el momento de producirse el daño mecánico.

Se han identificado dos tipos principales de alteraciones en la pulpa del caqui 'Rojo Brillante' cuando se somete a daños mecánicos (Fig. 12.4). El 'pardeamiento' o 'browning' que aparece únicamente cuando los daños mecánicos se producen sobre fruta sometida previamente al tratamiento de desastringencia con CO_2 . Esta alteración compromete seriamente la calidad del fruto durante su comercialización. Por otra parte, el 'manchado rosado' o 'pinkish bruising' se presenta en fruta todavía astringente sometida a daño mecánico grave. La incidencia de 'pardeamiento' es más acusada cuanto menor es el nivel de astringencia del fruto y, de hecho, la fruta con alto nivel de astringencia no suele presentar esta alteración. En cambio, la incidencia del 'pinkish bruising' se incrementa con el nivel

Figura 12.4. Alteraciones de pardeamiento y mancha rosada asociadas al daño mecánico en frutos de caqui 'Rojo Brillante'.



de astringencia. El desarrollo de estas dos alteraciones se ha asociado a un proceso de oxidación de taninos inducido por el estrés oxidativo que sufre el fruto cuando recibe el daño mecánico y que se ve agravado por la exposición al tratamiento de CO₂ (Novillo y col., 2014a; Novillo y col., 2014b).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las investigaciones señaladas anteriormente, las recomendaciones prácticas de manejo para minimizar las pérdidas de calidad que provoca la aparición de pardeamiento en pulpa de caqui son:

- Evitar cualquier tipo de daño mecánico en recolección, confección y transporte.
- Realizar las operaciones de confección previamente a la aplicación del tratamiento de eliminación de la astringencia.
- Minimizar la duración del tratamiento de desastringencia, evitando la sobreexposición al CO₂.
- En caso de conservación frigorífica, debe realizarse previamente a la confección y tratamiento de desastringencia, evitando conservaciones prolongadas a baja temperatura posteriores a los procesos de confección.

12.5. BIBLIOGRAFÍA

- Abeles, F.B., Morgan, P.W., Saltveit, M.E. 1992. Ethylene in plant biology. Academic Press, San Diego.
- Agustí, M., Juan M., Yagüe, B., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Almela, V. 2003. Tratamientos para retrasar la maduración del fruto del caqui (*Dyospiros kaki* L.). *Comunidad Valenciana Agraria* 24:27-33.
- Agustí, M., Juan M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Almela, V. 2004. Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruit. *Ann. Appl. Biol.* 144:65-69.

- Ahmed, D.M., Sobieh M.E. 2007. Removing astringency of Costata persimmon fruits by carbon dioxide and nitrogen enriched atmospheres. *American-Eurasian J. Agric and Environ. Sci.* 2:731-740.
- Antoniolli, L.R., de Camargo-Castro, P.R., Kluge, R.R., Scarpore-Filho, J.A. 2000. Remoção da adstringência de frutos de caqui 'Giombo' sob diferentes períodos de exposição ao vapor de álcool etílico. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 2083-2091.
- Antoniolli, L.R., de Camargo-Castro, P.R., Kluge, R.R., Scarpore-Filho, J.A. 2003. Use of polyethylene bags on conservation of 'Giombo' persimmons during cold storage. *Rev. Bras. Frutic.* 25:77-80.
- Arnal, L., Del Río, M.A. 2003. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. 'Rojo brillante'. *J. Food Sci.* 68:1516-1518.
- Arnal, L., Del Río, M.A. 2004. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Penicillium expansum* L.) cv. Rojo Brillante. *Food Sci. Tech. Int.* 10:179-185.
- Arnal, L., Salvador, S., Monterde, A., Cuquerella, J. 2005. Alteraciones de caqui 'Rojo Brillante' provocadas por las bajas temperaturas. V Congreso Ibérico en Ciencias Hortícolas. IV Congreso Iberoamericano de Ciencias Hortícolas. Oporto, 22-27 Mayo.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. p. 299-310. En: A. López, A. Esnoz, F. Artés (eds), *Avances en ciencias y técnicas del frío 1*. UPCT y SECYTEF, España.
- ASTM (American Society for Testing and Materials) 1995. Standard definitions of terms relating to sensory evaluation of materials and products. Annual book of ASTM standars. ASTM, Philadelphia.
- Bellini, E., Giannelli, G. 1982. Nuovi orientamenti varietali del kaki. *Infor. Agrar.* 38:27-44.

- Ben-Arie, R., Zutkhi, Y. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. *HortScience* 27:811-813.
- Ben-Arie, R., Sonogo, L. 1993. Temperature affects astringency removal and recurrence in persimmon. *J. Food Sci.* 58:1397-1400.
- Ben-Arie, R., Saks Y., Sonogo L., Frank A. 1996. Cell wall metabolism in gibberellin treated persimmon fruits. *Plant Growth Regul.* 19:25-33.
- Besada, C. 2008. Mejora de la tecnología de la desastringencia, conservación y comercialización de caqui 'Rojo Brillante' para consumo en fresco. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Besada, C., Salvador, A., Arnal, L., Martínez-Jávega J.M. 2008a. Hot water Treatment for chilling injury reduction of astringent 'Rojo Brillante' persimmon at different maturity stages. *HortScience* 43:2120-2123.
- Besada, C. Arnal, L., Salvador, A. 2008b. Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 50:169-175.
- Besada, C., Jackman, R.C., Olsson, S., Woolf, A.B. 2010a. Response of 'Fuyu' persimmons to ethylene exposure before and during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 57:124-131.
- Besada, C., Salvador, A., Arnal, L., Martínez-Jávega, J.M. 2010b. Optimization of the duration of desastringency treatment depending on persimmon maturity. *Acta Hort.* 858:69-74.
- Besada, C., Tanaka, T., Granell, A., Salvador, A. 2011. Characterization of tannins from 'Rojo Brillante' persimmon. IV International Conference Postharvest Unlimited. Wenatchee (EEUU), 23-26 May.
- Besada, C., Novillo, P., Navarro, P., Salvador, A. 2014. Effect of a low oxygen atmosphere combined with 1-MCP pretreatment on preserving the quality of 'Rojo Brillante' and 'Triumph' persimmon during cold storage. *Sci. Hort.* 179:51-58.

- Besada, C., Novillo, P., Llorca, E., Hernando, I., Salvador, A. 2015. Short-term high CO₂ treatment alleviates chilling injury of persimmon cv. Fuyu by preserving the parenchyma structure. *Food Control* 51:163-170.
- Brackmann, A., Mazaro S.M., Saquet A.A. 1997. Cold storage of persimmons (*Penicillium expansum* L.) cultivars Fuyu and Rama Forte. *Ciencia Rural* 27:561-565.
- Burmeister, D.M., Ball S., Green, S., Woolf, A.B. 1997. Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of 'Fuyu' persimmons. *Postharvest Biol. Technol.* 12:71- 81.
- Camargo, L., Lucchetta, L., Marini, L., Zanuzzo, M., Zanatta, J., Valmor, C. 2004. Armazenamento refrigerado de caquis 'Fuyu', sob atmosfera modificada com adsorção de etileno. *Rev. Bras. Frutic.* 26:414-418.
- Candir, E.E., Ozdemira, A.E., Kaplankirana, M., Toplua, C. 2009. Physico-chemical changes during growth of persimmon fruits in the East Mediterranean climate region. *Sci. Hort.* 121:42-48.
- Cia, P., Benato E.A., Sigrst J.M.M., Sarantopóulos C., Oliveira L.M., Padula M. 2006. Modified atmosphere packaging for extending the storage life of 'Fuyu' persimmon. *Postharvest Biol. Technol.* 42:228-234.
- Collins, R.J., Tisdell J.G. 1995. The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Penicillium expansum* L.) grown in subtropical Australia. *Postharvest Biol. Technol.* 6:149-157.
- Crisosto, C., Mitcham, E.J., Kader, A. 1995. Perishables handling 84. Department of Plant Sciences, University of California, Davis. <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Persimmon/>
- Del Bubba, M., Giordani E., Pippucci L., Cincinelli A., Checchini L., Galvan P. 2009. Changes in tannins, ascorbic acid and sugar content in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. *J. Food Compos. Anal.* 22:668-677.

- Donazzolo, J., Brackmann, A. 2002. Effect of CO₂ under controlled atmosphere storage on the quality of 'Fuyu' persimmons (*Penicillium expansum* L.). Rev. Bras. Agrociência 8:241-245.
- Fang, H., Shu-shang M.A., Ji-shu Z., Qing-mei H., Gang Z., Chun-lin W. 2009. Effects of 1-Methylcyclopropene on postharvest physiology and cell ultra-structure of pollination-constant and non-astringent persimmon during storage. Acta Hort. Sinica 4:487-492.
- Gottreich M., Blumenfeld, A. (1991) Light microscopic observations of tannin cell walls in persimmon fruit. J. Hort. Sci. 66: 731-736.
- Grant, T.M., MacRae E.A., Redgwell R.J. 1992. Effect of chilling injury on physicochemical properties of persimmon cell walls. Phytochemistry 31:3739-3744.
- Harima, S., Nakano R., Yamauchi S., Kitano Y., Yamamoto Y., Inaba A., Kubo Y. 2003. Extending shelf-life of astringent persimmon (*Penicillium expansum* Thunb.) fruit by 1-MCP. Postharvest Biol. Technol. 29:319-324.
- Ikegami, A., Yonemori, K., Kitajima, A., Sato, A., Yamada, M. 2005a. Expression of genes involved in proanthocyanidin biosynthesis during fruit development in a chinese pollination-constant, nonastringent (PCNA) persimmon, 'Luo Tian Tian Shi'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130:830-835.
- Ikegami, A., Kitajima, A., Yonemori, K. 2005b. Inhibition of flavonoid biosynthetic gene expression coincides with loss of astringency in pollination-constant, non-astringent (PCNA)- type persimmon fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80: 225-228.
- Itamura, H., Kitamura, T., Taira, S., Harada, H., Ito, N., Takahashi, Y., Fukushima, T. 1991. Relationship between fruit softening, ethylene production and respiration in Japanese persimmon 'Hiratanenashi'. J. Japan Soc. Hort. Sci 60:695-701.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California.

- Kanzaki, S., Yonemori, K., Sato, A., Yamada, M., Sugiura, A. 2000. Evaluation of RFLP analysis for discriminating PCNA genotype in some persimmon cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69:702-704.
- Kawada, K. 1982. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruits and vegetables – unipack: individually wrapped storage of tomatoes, oriental persimmons and grapefruit. p. 87-99. En: D.G. Richardson, M. Meheruik (eds.), *Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities*. Oregon State University School of Agriculture. Symp. Ser. 1. Timber Press, Beaverton.
- Kim, Y.K., Lee J.M. 2005. Extension of storage and shelf-life of sweet persimmon with 1-MCP. *Acta Hort.* 685:165-174.
- Krammes, J.G., Argenta L.C., Vieira M.J. 2006. Influences of 1-Methylcyclopropene on quality of persimmon fruit cv. 'Fuyu' after cold storage. *Acta Hort.* 727:513-518.
- Kubo, Y., Nakano R., Inaba A. 2003. Cloning of genes encoding cell wall modifying enzymes and their expression in persimmon fruit. *Acta Hort.* 601:49-55.
- Kurahashi, T., Matsumoto, T., Itamura, H. 2005. Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene absorbent on softening and shelf life of dry ice-treated japanese persimmon 'Saijo' harvested at various maturation stages. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74: 63-67.
- Lay-Yee, M., Ball, S., Forbes, S.K., Woolf, A.B. 1997. Hot-water treatment for insect disinfestation and reduction of chilling injury of 'Fuyu' persimmon. *Postharvest Biol. Technol.* 10:81-87.
- Lee, Y.M., Jang S.J., Lee Y.J. 1997. Effect of preharvest application of MGC-140 and GA₃ on storability of 'Fuyu' persimmon (*Penicillium expansum* L.). *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 38:157-161.
- Luo, Z.S. 2004. Effect of 1-Methylcyclopropene on persimmon fruit ripening and pectin metabolism. *J. Fruit Sci.* 21:229-232.

- Luo, Z.S., Xi, Y.F. 2005. Effect of storage temperature on physiology and ultrastructure of persimmon fruit. *J. Zhejiang University Agri. Life Sci.* 31:195-198.
- Luo, Z. 2007. Effect of 1-Methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Penicillium expansum* L.) fruit. *Food Sci. Technol.* 40:285-291.
- Lurie, S., Handros A., Fallik E., Shapira R. 1996. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature. *Plant Physiol.* 110:1207-1214.
- Lyman, B.J., Green, B. 1990. Oral astringency: effects of repeated exposure and interactions with sweeteners. *Chem. Senses* 15:151-164.
- MacRae, E.A. 1987a. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *N. Z. J. Exp. Agric.* 15:333-344.
- MacRae, E.A., 1987b. Storage and shelf life of Fuyu and Flat Fuyu persimmon in New Zealand 1984-1986. Division of Horticulture and Processing. DSIR, Postharvest bulletin 335.
- Matsuo T., Itoo S. 1977. On mechanisms of removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide treatment. Some properties of two processes in the de-astringency. *Plant Cell Physiol.* 18:17-25.
- Matsuo, T., Itoo, S. 1978. The chemical structure of kaki-tannin from immature fruit of the persimmon (*Penicillium expansum* L.). *Agri. Biol. Chem.* 42(9): 1637-1643.
- Matsuo, T., Itoo, S. 1982. A model experiment for de-astringency of persimmon fruit with high carbon dioxide: in vitro gelation of kaki-tannin by reacting with acetaldehyde. *Agri. Biol. Chem.* 46:683-689.
- Matsuo, T., Itoo, S., Ben-Arie, R. 1991. A model experiment for eliciting the mechanism of astringency removal in persimmon fruit using respiration inhibitors. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60: 437-442.

- Mowat, A.D., Poole, P.R., Whitaker, G., Edwards, C. 1998. Tannin cell content and distribution in persimmon (*Penicillium expansum* L.) as a cause of residual astringency. *Acta Hort.* 464:482-482.
- Nakano, R., Yonemori K., Sugiura, A., Kataoka, I. 1997. Effect of gibberellic acid and abscisic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. *Acta Hort.* 436:203-214.
- Nakatsubo, F., Enokita, K., Murakami, K., Yonemori, K., Sugiura, A., Utsumiya, N., Subhadrabandhu, S. 2002. Chemical structures of the condensed tannins in the fruits of *Diospyros* species. *J. Wood Sci.* 48:414-418.
- Niikawa, T., Inari, T., Ozeki, T., Mitsui, B. 2005. Effects of 1- Methylcyclopropene on flesh firmness during storage of pollination-constant and non-astringent cultivars of Japanese persimmon (*Penicillium expansum*). *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol.* 52:68-73.
- Novillo, P., Salvador, A., Llorca, E., Hernando, I., Besada, C. 2014a. Effect of CO₂ deastringency treatment on flesh disorders induced by mechanical damage in persimmon. *Biochemical and microstructural studies. Food Chem.* 145:454-463.
- Novillo, P., Salvador, A., Magalhaes, T., Besada, C. 2014b. Deastringency treatment with CO₂ induces oxidative stress in persimmon fruit. *Post. Biol. Technol.* 92:16-22.
- Ortiz, G.I., Sugaya, S., Sckozawa, Y., Ito, H., Wada, K., Gemma, H. 2005. Efficacy of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) in prolonging the shelf-life of 'Rendaiji' persimmon fruits previously subjected to astringency removal treatment. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74:248-254.
- Park Y.S. 1999. Changes in the incidence of fruit skin blackening, phenolic acids, and ethanol production of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruit during CA and MAP storage. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 40: 83-87.

- Pérez-Munuera, I., Hernando, I., Larrea, V., Besada, C., Arnal, L., Salvador, A. 2009. Microstructural study of chilling injury alleviation by 1-Methylcyclopropene in persimmon. *HortScience* 44:742-745.
- Pesis, E., Levi, A., Ben-Arie, R. 1987. The role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruit under various modified atmospheres. *J. Food Sci.* 53:153-156.
- Prinz, J.F., Lucas, P.W. 2000. Saliva tannin interactions. *J. Oral Rehab.* 27:991-994.
- Ramin, A.A. 2008. Shelf-life extension of ripe non-astringent persimmon fruit using 1-MCP. *Asian J. Plant Sci.* 7: 218-222.
- Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Cuquerella, J. 2004a. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. Rojo Brillante by 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 33:285-291.
- Salvador, A., Arnal L., Monterde, A., Martínez-Jávega, J.M. 2005a. Influence of ripening stage at harvest on chilling injury symptoms of persimmon cv. Rojo Brillante stored at different temperatures. *Food Sci. Technol. Int.* 11:359-365.
- Salvador, A., Arnal L., Monterde, A., Carvalho, C.P., Martínez-Jávega, J.M. 2005b. Effect of harvest date in chilling-injury development of persimmon fruit. *Acta Hort.* 687:399-400.
- Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Quiles, A., Pérez-Munuera I. 2007. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. Rojo Brillante. *Postharvest Biol. Technol.* 46:181-188.
- Salvador A., Arnal L., Besada, C., Larrea, V., Hernando I., Pérez-Munuera, I. 2008. Reduced effectiveness of the treatment for removing astringency in persimmon fruit when stored at 15°C. Physiological and microstructural study. *Postharvest Biol. Technol.* 49:340-347.

- Schiffman, S.S., Suggs, M.S., Simon, S.A. 1992. Astringent compounds suppress taste response in gerbil. *Brain Research* 595:1-11.
- Sugiura, A., Yonemori, K., Harada, H., Tomama, T. 1979. Changes of ethanol and acetaldehyde contents in Japanese persimmon fruits and their relation to natural deastringency. *Studies from Inst. Hort. Kyoto Univ.* 9:41-47.
- Sugiura A. 1983. Origin in varietal differentiation in Japanese persimmon. *Recent Advances in Plant Breeding* 25:29-37.
- Sugiura, A., Tomana, T. 1983. Relationships of ethanol production by seeds of different types of Japanese persimmons and their tannin content. *HortSci.* 18:319-321.
- Suzuki, T., Someya, S., Hu, F., Tanokura, M. 2005. Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Penicillium expansum*). *Food Chemistry* 93:149-152.
- Taira, S., Itamura, H., Abe, K., Watanabe, S. 1989. Comparison of the characteristics of removal of astringency in two japanesse persimmon cultivars, 'Denkuro' and 'Hiratanenashi'. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58:319-325.
- Taira, S., Oba, S., Watanabe, S. 1992a. Removal of astringency from 'Hiratanenashi' persimmon fruit with a mixture of ethanol and carbon dioxide. *Japan. Soc. Hort. Sci.* 61:437-443.
- Taira, S., Satoh, and Watanabe, S. 1992b. Relationship between differences in the ease of removal of astringency among fruits of Japanese persimmon (*Diospiros kaki* Thunb.) and their ability to accumulate ethanol and acetaldehyde. *Japan. Soc. Hort. Sci.* 60:1003-1009.
- Taira, S., Matsumoto N., Ono M. 1998. Accumulation of soluble and insoluble tannins during fruit development in nonastringent and astringent persimmon. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67:572-576.

- Tanaka, T., Takahashi, R., Kouno, I., Nonaka, G. 1994. Chemical evidence for the de-astringency (insolubilization of tannins) of persimmon fruit. *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1*:3013-3022.
- Testoni, A. 2002. Post-harvest and processing of persimmon fruit. p. 53-66. En: E. Bellini, E. Giordani (eds.), *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens 51*, CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, Spain.
- Thorngate, J.H., Noble, A.C. 1995. Sensory evaluation of bitterness and astringency of 3R(-)-epichatechin and 3S(+)-catechin. *J. Sci. Food. Agric.* 67:531-535.
- Tsviling, A., Nerya, O., Gizis, A., Sharabi-Nov, A., Ben-Arie, R. 2003. Extending the shelf-life of 'Triumph' persimmons after storage with 1-MCP. *Acta Hort.* 599:53-58.
- Ullio, L. 2003. Persimmon growing in New South Wales. NSW Agriculture, 11 pp.
- Vidrih, R., Simcic, M., Hribar, J., Plestenjak, A. 1994. Astringency removal by high CO₂ treatment in persimmon fruit (*Penicillium expansum*). *Acta Hort.* 368:652-656.
- Vierling, E. 1991. The roles of heat shock proteins in plants. *Annu. Rev. Plant Phys. Mol. Biol.* 42:579-620.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 1998. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. CAB International, Wallingford, UK.
- Wolf, A.B., Ball, S., Spooner, K.J., Lay-Yee, M., Ferguson, I.B., Watkins, C.B., Gunson, A., Forbes, S.K. 1997a. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 11:155-164.
- Wolf, A.B., MacRae, E.A., Spooner, K.J., Redgwell, R.J. 1997b. Changes to physical properties of the cell wall and polyuronides in response to heat treatment of 'Fuyu' persimmon that alleviate chilling injury. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:698-702.

- Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., Wang, R., Yang, Y., Li, G. 2002. Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin. *Sci. Hort.* 94:63-72.
- Yonemori, K., Matsushima, J. 1984. Chemical characteristics of tannins from nonastringent and astringent type fruits of Japanese persimmon (*Penicillium expansum*) with particular reference to ultracentrifugal behavior. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 53:121-126.
- Yonemori, K., Matsushima, J. 1985. Property of development of the tannin cells in non-astringent type fruits of Japanese persimmon (*Penicillium expansum*) and its relationship to natural deastringency. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 54:201-208.
- Yonemori, K., Matsushima, J. 1987. Changes in tannin cell morphology with growth and development of Japanese persimmon fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112:818-821.
- Yonemori, K., Oshida, M., Sugiura, A. 1997a. Fine structure of tannin cells in fruit and callus tissues of persimmon. *Acta Hort.* 436:403-413.
- Yonemori, K., Oshida, M., Fukuda, F., Sugiura, A. 1997b. A micropipette method for collecting vacuolar sap of intact tannin and parenchyma cells in persimmon. *HortScience* 32:694-697.
- Yonemori, K., Suzuki, Y. 2009. Differences in three-dimensional distribution of tannin cells in flesh tissue between astringent and non-astringent type persimmon. *Acta Hort.* 833:119-124.
- Zavrtanik, M., Hribar, J., Vidrih, R. 1999. Effect of short anoxia exposure on metabolic changes of persimmon fruits (*Penicillium expansum* L). *Acta Hort.* 485:405-411.
- Zhang, Y., Rao, J., Sun, Y., Li, S. 2010. Reduction of chilling injury in sweet persimmon fruit by 1-MCP. *Acta Hort. Sinica.* 37:547-552.



ivia
Instituto Valenciano
de Investigaciones Agrarias

**Rafael Perucho, Edgardo Giordani,
Enzo Picardi, Silvia Radice, María L.
Badenes, María del Mar Naval, José
Martínez-Calvo, José Malagón, Emilio
Mataix Gato, Diego S. Intrigliolo, Cristina
Besada, Alejandra Salvador, Luis Bonet,
Fernando Pomares, Vicente Gris, María
R. Albiach, Manuel Agustí, Carmina Reig,
Carlos Mesejo, Amparo Martínez-Fuentes,
Alejandro Tena, Meritxell Pérez-Hedo,
Jose Catalán, María Juan-Blasco, Alberto
Urbaneja, Antonio Vicent, José L. Mira,
Verònica Taberner, Lluís Palou, Fernando
Machuca, Pilar Navarro y Mario Vendrell**