

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

**Asociación
Interprofesional
para el Desarrollo
Agrario**

2001 – Vol. 97V N.º 3



ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2001 - AÑO XXXII Vol. 97V N.º 3	DIRECCIÓN Y REDACCIÓN Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 576311 Fax.: 34-976 575501 E-mail: enotivol@aragob.es andreu@ecad.csic.es emmarin@aragob.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 1130-6017 INO Reproducciones, S.A. Polígono Miguel Servet. nave 13 50013 Zaragoza
------------------------------------	--	--

COMITÉ DE REDACCIÓN

DIRECTOR: Eduardo Notivol Paíno
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
EDITORES: Producción Vegetal: Pilar Andreu Puyal
Producción Animal: Clara Marín Alcalá
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Rafael Delfa Belenguer
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
José Luis Alabart Álvarez
Juan A. Marín Velázquez
Azucena Gracia Royo
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Carlos Zaragoza Larios
Pere Alberti Lasalle

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Emilio Manrique Persiva
2.º Rafael Socías i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: José Folch Pera
Ignacio Delgado Enguita
Ricardo Revilla Delgado
Joaquín Gómez Aparisi
Antonio Felipe Mansergas
Pere Alberti Lasalle
Dunixi Gabiña Iturriaga

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa
de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, editor titular del Copyright.

ITEA no se responsabiliza necesariamente con las opiniones vertidas en los artículos firmados
que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En
2002 se publicarán los volúmenes 98A y 98V correspondientes a las series
Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 2002 será de 24 € para una serie y de 33 € para las dos
series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

PRESENTACIÓN

Este número especial de ITEA está dedicado al III Simposio Internacional sobre el Almendro y el Pistachero, que fue al mismo tiempo el XII Coloquio del GREMPA, para cuya organización AIDA prestó un especial apoyo que ahora se repite al presentar en este número algunas de las contribuciones más importantes de esta reunión científica.

Este Congreso Internacional tuvo lugar en el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza durante los días 20-24 de mayo de 2001, organizado por el Servicio de Investigación Agroalimentaria de la Diputación General de Aragón (SIA-DGA), bajo los auspicios de la International Society for Horticultural Science (ISHS) y el apoyo del Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéens (CIHEAM), la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), la Dirección General de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia y la FAO, así como por las asociaciones de productores e instituciones locales y la Caja Rural de Teruel. Asistieron más de 135 delegados de los cinco continentes: Oceanía (Australia), América (Argentina, Chile y Estados Unidos), África (Argelia, Marruecos y Tunisia), Asia (China, Irán y Turquía) y Europa (Bélgica, Francia, Grecia, Italia, Portugal y España).

El acto inaugural estuvo presidido por el Excmo. Sr. D. Gonzalo Arguilé, Consejero de Agricultura del Gobierno de Aragón, quien resaltó la importancia del almendro en la economía aragonesa y española así como la incidencia de la investigación aragonesa en su desarrollo.

El Congreso fue una oportunidad única para reunir a todos los investigadores en estas dos especies, ofreciendo un lugar de diálogo abierto y amistoso durante las sesiones, así como en los momentos de descanso y especialmente en la visita de campo a dos plantaciones en Sástago y Calanda y a las instalaciones de la Cooperativa de Alcañiz. El coloquio fue claramente positivo en la sesión de carteles del 21 por la tarde, en la que se presentaron más de 60 comunicaciones que se comentaron ampliamente.

Se presentaron tres conferencias invitadas que se ofrecen en este número para mejor conocimiento del sector español. Hubo así mismo más de 50 comunicaciones orales distribuidas en las sesiones de patrones, economía, autocompatibilidad del almendro, mejora, nutrición, fisiología, manejo de la plantación y patología.

El Congreso terminó con una mesa redonda dirigida especialmente al sector español de frutos secos, cuyo desarrollo y discusión se presentan también en este número. Igualmente se publican algunas contribuciones seleccionadas entre las presentadas por los investigadores españoles, con el fin de ofrecer un amplio aspecto de las aportaciones españolas al avance en el conocimiento de estas especies, que en algunos casos son de enorme relevancia, como en la mejora del almendro para la autocompatibilidad.

Deseo fervientemente que este número represente un testimonio del trabajo en el almendro y el pistachero delante del sector español de frutos secos en un momento crítico de su evolución.

R. Socías i Company

Unidad de Fruticultura, SIA-DGA, Organizador del Simposio

AGRADECIMIENTOS

La realización de este Congreso y en particular la edición de este ejemplar de ITEA ha sido posible gracias a las ayudas de:

SERVICIO DE INVESTIGACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN (SIA-DGA)

INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA (CIHEAM)

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y AGROALIMENTARIA (INIA) (Acción especial AE00-037)

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN DEL MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (Acción especial PGC2000-2856-E)

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO)

CAJA RURAL DE TERUEL

FRUTOS SECOS DE ALCAÑIZ

CORTES DE ARAGÓN

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

GRUPO ALM

IBERCAJA

CONFEDERACIÓN DE COOPERATIVAS AGRARIAS DE ESPAÑA

AEOFRUSE

UNA REVISIÓN SOBRE EL MATERIAL VEGETAL DE ALMENDRO: LA EXPERIENCIA DE UNA VIDA

Antonio J. Felipe

Unidad de Fruticultura, SIA-DGA, Apartado 727,
50080 Zaragoza, España

RESUMEN

Al finalizar el período activo de una vida profesional completamente dedicada a la investigación aplicada, enfocada a una línea de trabajo concreta, parece bastante conveniente realizar un análisis de la situación en la que se encontraba este campo al principio, en el momento de mi incorporación al mismo, y la evolución que ha experimentado hasta este momento.

Esta mirada retrospectiva permite un reconocimiento completo de las contribuciones que a través del propio trabajo personal y a través de la participación en equipos especializados en distintos aspectos de la misma especie han conducido a los avances alcanzados.

Este análisis parece muy interesante porque:

- Ofrece la perspectiva de la evolución de un sujeto al que uno ha dedicado su vida profesional desde el punto en el que uno ha empezado su participación en las actividades.
- Permite realizar una autocrítica sobre:
 - La propia sensibilidad para conectar con el sector y entender y captar sus problemas.
 - La propia imaginación para investigar las soluciones apropiadas.
 - La aptitud personal para conectar y cooperar con otros que, trabajando en distintos aspectos de la misma especie, pudieran ofrecer contribuciones complementarias.

La realización de un resumen organizado de las actividades en las que uno ha intervenido y sus consecuencias, positivas o negativas, es una de las cosas que, durante los años de duro trabajo, muy pocos investigadores pueden llevar a cabo porque no se encuentra nunca ni el tiempo ni la serenidad necesarios para dedicarse a ello.

Durante 35 años, el autor ha dedicado muchas actividades enfocadas principalmente al estudio del material vegetal del almendro y a su comportamiento. Estos estudios se han dirigido a los dos componentes: cultivares y patrones. Con esta contribución se pretende exponer en un orden cronológico las actividades en las que he participado como miembro de varios equipos.

En cada momento, los problemas del sector así como las posibilidades materiales de las que se podía disponer y la composición de los diferentes equipos humanos, han inclinado el balance hacia uno u otro de los componentes antes mencionados (cultivares o patrones), pero siempre he mantenido como referencia la necesidad de colaborar en la búsqueda de métodos para resolver o reducir los problemas encontrados en el camino.

Esta participación en varios equipos ha permitido ofrecer al sector diversas informaciones relacionadas con las técnicas y los métodos que han conducido a la mejora y la regularización de la producción mediterránea del almendro. La oferta resultante incluye también algunos nuevos cultivares autógamos y varios patrones, todos ellos más eficientes y adaptados a nuestras condiciones de suelo y clima.

Palabras clave: Almendro, Cultivar, Investigación, Patrón, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY

OVERLOOK ON ALMOND CULTIVARS AND ROOTSTOCKS: A LIFETIME OF EXPERIENCE

When ending the active period of a professional life fully devoted to applied research, focused on a defined line of work, it seems rather convenient to undertake an analysis of the situation of this field from the beginning, at the moment of my incorporation to it, and its evolution over time, up until now.

This retrospective vision allows a full recognition of the contributions that, through one's personal work and through the participation within work-teams specialised in several aspects of the same theme, have led to the advances achieved.

This analysis appears a very interesting one because:

- It offers the perspective of an evolution of the theme to which one has dedicated his work, from the point where he has begun his participation in the activities.
- It allows making a self-criticism over:
 - One's sensitivity to connect with the industry and understand and capture its problems.
 - One's imagination to seek the appropriate solutions.
 - The personal aptitude to connect and co-operate with other people who, working in different aspects of the same themes, could offer the complementary contributions.

The drawing up of an organised summary of the activities in which one has intervened and their consequences, positive or negative, is one of the things that, during the years of hard work, very few researchers can accomplish because one can never find the time and tranquility necessary to dedicate himself to it.

For 35 years, the author has devoted many activities focused mainly on the study of the almond plant material and its behaviour. These studies have been done in the two components: cultivars and rootstocks. With the present work, I attempt to expose, in a chronological order, the activities related to the almond in which I have participated as a member of several teams.

At every moment, the industry problems as well as the material possibilities that one can dispose of and the composition of the different human teams, changed the balance towards one or the other plant component mentioned above (cultivars or rootstocks), but one has always kept as a reference the need to collaborate in the search for methods to solve or reduce the problems encountered along the way.

This participation in various work-teams allowed diverse information to be offered to the industry concerning techniques and methods that led to improve and regularise the

Mediterranean almond production. The resulting offer also includes some new autogamous cultivars and several rootstocks, all of them more efficient and adapted to our soil and climate environments.

Key words: Almond, Cultivar, Research, Rootstock, *Prunus amygdalus* Batsch.

Introducción

Cuando una vida profesional ha sido dedicada en su práctica totalidad a la investigación aplicada, enfocada hacia una línea de trabajo concreta, resulta conveniente, al finalizar el período activo, el hacer un análisis sobre el estado en que se encontraba esa materia en el momento de la incorporación y cómo está cuando llega la hora de dejarla.

Esta mirada retrospectiva permite reconocer las contribuciones que, mediante el trabajo personal por una parte y por la participación en equipos de trabajo dedicados al estudio de diversos aspectos del mismo tema por otra, se han aportado a los avances realizados.

Esta revisión resulta interesante porque:

- Ofrece la perspectiva de la evolución del tema sobre el que se ha trabajado, desde el punto en que uno inició su participación en las actividades.
- Permite hacer una autocrítica sobre:
 - La sensibilidad que se ha tenido para conectar con el sector y captar sus problemas.
 - La imaginación desarrollada para buscar soluciones apropiadas.
 - La disposición personal para conectar y colaborar con otros colegas que, trabajando en distintos aspectos de los mismos temas, pueden ofrecer aportaciones complementarias.

La confección de un resumen ordenado de la evolución y avances del tema y de las

actividades en que se ha intervenido, de otras que se han ido produciendo contemporáneamente, así como de los resultados y sus consecuencias, positivas o negativas, es una de las cosas que durante los años de actividad pocas veces logra uno realizar, porque nunca se encuentra el tiempo y sosiego necesarios para dedicarse a ello.

Durante los últimos 40 años, el almendro ha sido una especie cuyo cultivo ha evolucionado muy considerablemente a nivel mundial. La producción de EE.UU. pasó de ser inferior a las 30.000 Tm anuales a superar las 300.000 Tm. En el resto de los países productores el incremento ha sido poco notable, pudiéndose destacar en alguna medida la producción de España que casi se ha duplicado.

Se han abierto nuevos mercados a nivel mundial y el interés económico del cultivo del almendro ha impulsado el incremento de las actividades de investigación. Estas actividades han consistido, fundamentalmente, en el estudio del material vegetal, su comportamiento y su manejo, mediante la ampliación y profundización de los conocimientos sobre las características particulares de la especie y la selección y mejora genética del material vegetal en sus dos componentes: cultivares y patrones.

Con el presente trabajo, se pretende exponer, las actividades relacionadas con el material vegetal de almendro en las que, como integrante de diversos equipos, ha participado el autor.

Pero, paralelamente, también se han desarrollado actividades similares en otros Centros. Con ellos el autor ha mantenido contactos e intercambios, más o menos frecuentes y activos.

El conjunto de unos y otros trabajos ha tenido una incidencia significativa en el conocimiento de la especie, en la mejora de su material vegetal y en su cultivo. Los problemas del sector en cada país y las posibilidades materiales de que se disponía en cada momento, así como la composición de los diferentes equipos humanos en los centros de trabajo, han influido en la elección de los objetivos elegidos por cada uno de ellos.

La creación del GREMPA en 1974 tuvo como objetivo prioritario el fomentar la colaboración entre investigadores de diferentes países tradicionalmente productores de la zona del Mediterráneo. Esta cooperación ha tenido siempre como norte común la búsqueda de soluciones para los problemas particulares con los que el sector se encontraba en la zona.

Esta colaboración ha permitido un notable avance conjunto en los conocimientos sobre la especie almendro. La consecuencia es que se hayan podido ofrecer en poco tiempo soluciones propias que mejoran y regularizan la producción. Por ejemplo, se han puesto en cultivo nuevos cultivares y patrones de origen mediterráneo que resultan más eficientes por estar más adaptados a las condiciones ambientales y de cultivo de estos países.

A continuación, se expone el resumen de los trabajos que se han ido realizando en el Centro de Zaragoza (CRIDA-03 del INIA y SIA) a lo largo de los 32 años que transcurren entre 1966 y 1998. En él se reflejan los trabajos realizados sobre cultivares y patrones.

Trabajos sobre almendro en Zaragoza (1966-1998). Cultivares

Creación de la colección de cultivares

Para crear en Zaragoza una colección de cultivares de almendro se realizaron, simultáneamente, dos actividades complementarias.

Prospección

Búsqueda de plantas con características interesantes en zonas tradicionales de producción mediante contactos con agricultores, comerciantes y personas conocedoras de las zonas. De esta manera se llegó a localizar numerosas plantas con características que parecían de interés. Tras dos o tres años de observación en sus lugares de origen, se recuperó material de injerto de las mejores y se llevaron a la colección del Centro.

Introducción de cultivares comerciales

Mediante contactos con viveristas, agricultores y Centros en los que ya había colecciones, se fueron introduciendo en la colección los cultivares comerciales más cultivados o renombrados. En este conjunto de cultivares se encontraban los españoles más extendidos y/o apreciados, así como los más representativos de los principales países productores.

El conjunto de cultivares así reunido se plantó en una Colección de cultivares que, a partir de la creación del GREMPA en 1974 fue considerada como Colección de Germoplasma de ese grupo de trabajo. A lo largo del período considerado, se ha plantado en

tres ocasiones y parcelas diferentes, eliminando las de escaso valor comercial y genético e incorporando otras de mayor interés o de reciente selección.

La Colección ha estado abierta, incorporándose sucesivamente los cultivares que han ido surgiendo de programas de selección o mejora genética. Se llegaron a reunir unos 260 cultivares, pero la actividad creciente de trabajos de mejora genética en casi todos los países hace previsible que ese número aumente considerablemente.

Trabajos en la colección

Una colección de cultivares permite la realización de numerosos trabajos para profundizar en el conocimiento de la especie. Algunos de ellos han sido fundamentales para: conocer nuevos aspectos de la especie, comportamientos de cultivares y orientar los programas de mejora genética. La simple enumeración de algunos de los estudios realizados es suficientemente expresiva:

- Biología Floral:
 - Épocas de floración y estados fenológicos.
 - Polinización y cuajado.
 - Morfología y fisiología floral.
 - Autoincompatibilidad, interincompatibilidad y autocompatibilidad.
 - Observaciones sobre sensibilidad a heladas.
- Morfología y calidad de frutos. Épocas de maduración.
- Hábitos vegetativos: porte, ramificación, vigor...
- Descripción e identificación de cultivares.

Programa de mejora genética

Cultivares de floración tardía y autocompatibles

El programa se inició pensando en cultivares nuevos de floración muy tardía, capaces de reducir los daños producidos por las heladas primaverales.

La comprobación de que algunos cultivares eran autocompatibles nos indujo a dar un nuevo enfoque al programa y a considerar este aspecto como de imprescindible presencia en los nuevos cultivares que tratábamos de obtener.

Los primeros resultados fueron los cultivares: 'Aylés', 'Guara' y 'Moncayo' cuya difusión se inició de forma precipitada en cierto modo porque no habían sido suficientemente experimentados. Consecuencia de ello fue que 'Moncayo' ha resultado poco productivo en plantaciones comerciales; 'Aylés' es muy productivo, pero de maduración muy tardía en zonas de interior y 'Guara' ha sido el que nos ha dado bastante satisfacción por su alta productividad, incluso en plantaciones monovariales. Su difusión en España durante estos últimos años ha sido muy notable.

Transmisión de la autocompatibilidad a la descendencia

El estudio de las plantas procedentes de los primeros cruzamientos en los que intervenía algún cultivar autocompatible, permitió confirmar que el carácter autocompatibilidad es monogénico y dominante, por lo que su transmisión es previsible y controlable. Sin embargo, se comprobó que existen otros factores que hay que tener en cuenta.

Ensayos de comportamiento

Para llegar a alcanzar un conocimiento más profundo de las cualidades o defectos de las nuevas selecciones, así como del comportamiento en comparación con cultivares conocidos, es preciso hacerlos pasar por ensayos que, sucesivamente, se establecen en el Centro de investigación y en plantaciones comerciales exteriores.

Mejora genética de cultivares

Selección por autogamia

La profundización en el conocimiento de muchos de los condicionantes que afectan a los cultivares autocompatibles para comportarse como agronómicamente autofértiles, permitió llegar a la selección de algunos de ellos que resultan “autógamos”; es decir, cultivares que son capaces de producir cosechas normales aún en ausencia de cultivares polinizadores y de insectos que realicen la polinización.

Los cultivares autógamos de almendro pueden cultivarse en plantaciones monovariaetales del mismo modo que se practica con las de melocotonero.

Los sucesivos trabajos realizados al amparo del programa de mejora genética, han permitido seleccionar y definir como

cultivares autógamos a: ‘Guara’, ‘Aylés’, ‘Blanquerna’, ‘Cambra’ y ‘Felisia’.

Autogamia y floración extratardía

La continuidad en los trabajos de mejora en busca de cultivares autógamos y de floración tardía, permitió al Dr. R. Socías i Company localizar un gen responsable de la transmisión del carácter floración extratardía, que se encuentra presente en el cultivar ‘Tardy Nonpareil’ y ha sido heredado por algunos de sus descendientes. El cruzamiento de esos cultivares con otros de floración tardía y origen genético alejado, permite obtener un efecto acumulativo e ir retrasando la floración hasta límites que, por el momento, se desconocen.

La combinación de los caracteres de floración muy tardía y autogamia es ya una realidad en el campo de la Mejora Genética del almendro.

Ideotipo del cultivar de almendro

Todos los avances descritos, han permitido llegar a la descripción del que puede considerarse en el momento actual como cultivar ideal de almendro: el *Ideotipo*.

En el cuadro 1 se exponen los caracteres que sería deseable reunir en un solo cultivar:

Cuadro 1. Ideotipo de los cultivares de almendro

Calidad del fruto
Calidad organoléptica: sabor (sin amargor), composición química, contenido en aceite, aptitud a las transformaciones industriales de la pepita
Tamaño y forma del grano (más de 1,2 g por pepita preferentemente)
Espesor y color de los tegumentos
Ausencia de pepitas dobles y defectuosas

Cuadro 1. Ideotipo de los cultivares de almendro (continuación)

Rendimiento en pepita. Dureza de la cáscara. Endocarpio bien cerrado	
30 - 40 % (dura)	50 - 60 % (blanda)
Facilidad de recolección	
Aptitud para la conservación y almacenamiento	
Características relacionadas con el clima	
Necesidades de frío invernal	
Bajas	Altas
Necesidades de calor primaveral	
Bajas	Altas
Época de floración	
Temprana	Tardía
Época de maduración-Temprana preferentemente	
Características fitopatológicas	
Resistencia a plagas y enfermedades	
Hongos	
Bacterias	
Insectos	
Ácaros	
Nematodos	
Características vegetativas	
Porte	
Ramificación compensada	
Crecimiento inicial rápido que facilite la formación del árbol	
Crecimiento lento posterior, al entrar en producción, que limite la poda	
Poca formación de chupones	
Características reproductivas	
Rápida entrada en producción	
Productividad elevada	
Producción estable, sin vecería	
Autogamia	
Alta densidad floral (yemas de flor en ramilletes de mayo y brotes cortos)	
Poca caída de frutos al alcanzar la madurez, pero fácil desprendimiento después	
Características fisiológicas	
Fotosíntesis	
Relaciones hídricas	
Resistencia a heladas	

Patrones

Compatibilidad de injerto

En la época de iniciar los trabajos sobre almendro en Zaragoza, el patrón utilizado en España era el franco de almendro. La mayor parte de esos francos se obtenían de semillas amargas de origen no controlado. En el Sureste (Murcia y sur de Alicante) se utilizaban ocasionalmente patrones “pollizos” (*P. insititia*), que se recogían de las sierpes que aparecían en las plantaciones de melocotonero y de los que no existía ninguna selección clonal.

Se consideró necesario el estudiar la posibilidad de utilizar otros patrones *Prunus* de los que se usaban para las otras especies de frutas de hueso.

Ensayos de compatibilidad en vivero

En sucesivos años (9 en la primera fase), se plantaron en vivero los patrones, comerciales o en vías de selección, que había en el Departamento de Pomología de la E.E. de Aula Dei. En total se dispuso de unos 40 clones de mirobolán, 10 clones de “pollizo”, otros 12 de ciruelos diversos (ciruelos europeos), 3 de Mariana, varios híbridos entre ciruelos y 8 híbridos entre almendro y melocotonero. También se pusieron francos de melocotonero de orígenes diversos.

Cada año se plantaron varios clones de patrones que se fueron injertando con los cultivares más demandados en la época: ‘Desmayo Largueta’, ‘Desmayo Rojo’, ‘Marcona’, ‘Ferragnès’, ‘Ferraduel’, ‘Texas’ y ‘Nonpareil’. Estos viveros se mantenían varios años y sobre ellos se realizaban las observaciones y controles habituales en este tipo de trabajos.

Como resumen de todos los resultados puede decirse que la compatibilidad del

almendro fue muy buena con melocotonero, con híbridos entre almendro y melocotonero, con “pollizo” y con algunos clones de ciruelo europeo. Con algunos clones de mirobolán y de ciruelo europeo se observaron incompatibilidades localizadas en el injerto. Se observaron incompatibilidades traslocadas, prácticamente generalizadas, con los ciruelos de crecimiento rápido (diploides) y sus híbridos.

Ensayos en plantaciones (compatibilidad a largo plazo)

Con las combinaciones que mostraban mejor compatibilidad en los ensayos en vivero, se plantearon ensayos, de más larga duración, en plantaciones.

Ensayos de comportamiento agronómico

En el Centro de Investigación

- Tamaño, vigor y productividad de los árboles maduros.

Este apartado se corresponde con el último de la parte anterior. Son los ensayos en que se observan y comparan las características de comportamiento agronómico de las plantas de un cultivar injertado sobre diversos patrones. Algunas de las combinaciones presentaron un comportamiento mediocre, que las descalifica para su uso comercial.

- Resistencia a nematodos y otros problemas del suelo.

En colaboración con especialistas de otras Unidades y Centros, se han ido realizando ensayos de comportamiento frente a estos tipos de problemas.

- Eficiencia en la absorción y uso del agua.

En condiciones controladas (plantas en contenedores) se han realizado ensayos para comparar la eficiencia de distintos patrones.

En plantaciones exteriores

Con las combinaciones más compatibles y con patrones en vías de selección, se realizan ensayos en colaboración con agricultores. En ellos se controlan el tamaño, vigor, comportamiento agronómico y productividad de los árboles.

Propagación y selección

Ensayos de propagación

Para la utilización comercial de patrones clonales, es necesario establecer normas de propagación por métodos que proporcionen un rendimiento suficientemente elevado y regular a lo largo de los años. Por ello, hubo que realizar estudios y ensayos que permitieron propagar comercialmente, por métodos fiables, los clones de más difícil multiplicación.

- Híbridos entre almendro y melocotonero

La introducción de los clones 'GF-677', 'GF-557' y 'Adafuel', hizo necesario poner a punto las técnicas de propagación adecuadas a su multiplicación comercial. Se puso a punto la técnica que hoy utilizan muchos viveristas con resultados satisfactorios.

- Enraizamiento de cultivares de almendro

En vista de la dificultad de propagación de los híbridos entre almendro y melocotonero existentes, se plantearon ensayos de enraizamiento de cultivares de almendro presentes en la colección. El resultado general fue de una nula capacidad de enraizamiento de los cultivares de almendro; sin embargo, 'Garrigues' resultó una excepción, dando

una aceptable tasa de enraizamiento. Como la búsqueda tenía por fin la obtención de híbridos entre almendro y melocotonero de más fácil propagación, hubo que estudiar si esa cualidad se transmitía a la descendencia.

Selección

En un semillero de 'Garrigues' se eligieron las plantas más erectas y menos ramificadas. Con ellas se hicieron ensayos de enraizamiento en los que destacó el clon 'Garfi'. Otros muchos enraizaron, aunque no en tan alto porcentaje. Se seleccionó 'Garfi' y se observó la transmisión de la capacidad rizógena de 'Garrigues' a la descendencia.

Mejora genética y selección de patrones

*Selección clonal de "pollizo" (*P. insititia*)*

Comprobada la buena compatibilidad del almendro con "pollizo", se creyó conveniente el seleccionar algún clon que, guardando las buenas características generales de los "pollizos", fuese aceptablemente fácil de propagar.

Se partió de una población de plantas de semillas de "pollizo". Se realizaron las sucesivas etapas de selección por facilidad de propagación, por compatibilidad, etc. y se llegó a seleccionar dos clones: 'Montizo' y 'Monpol', que están mostrando buen comportamiento con almendro, melocotonero y albaricoquero.

*Híbridos entre *Prunus* (cruzamientos diversos)*

En la búsqueda de mejores patrones, principalmente para almendro, se realizaron diversos cruzamientos entre *Prunus*.

Se obtuvieron descendencias de cruza-
mientos entre:

- ‘Garrigues’ x *P. davidiana*
- Almendro x mirobolán
- Almendro x melocotonero:
 - ‘Nemaguard’ x ‘Marcona’
 - ‘Nemaguard’ x ‘Tardive de la Verdière’
 - ‘Nemared’ x ‘Garfi’

Del último cruzamiento se obtuvo una
descendencia de entre la que se preseleccio-

naron 8 clones y, posteriormente, se selec-
cionaron los clones: ‘Garnem’, ‘Felinem’ y
‘Monegro’ que destacaron por su comporta-
miento agronómico y por su resistencia a
nematodos agalladores. Estos clones se
encuentran ya a disposición del sector.

Ideotipo de patrones para almendro

Del mismo modo que se hizo para los cul-
tivares, se llegó, también con patrones, a la
definición del patrón ideal o *Ideotipo*. En el
cuadro 2 se exponen las características que
debería reunir un patrón ideal para almendro.

Cuadro 2. El patrón ideal para almendro

Características viverísticas
• Buena aptitud para su propagación: - Por semilla: – Capacidad germinativa elevada – Producción de planteles homogéneos - Vegetativamente: – Facilidad de enraizamiento – Realización de estaquillas fácil y barata - En ambos casos las plantas deben tener sistemas radiculares bien ramificados y distribuidos • Comportamiento en vivero: – Buen prendimiento de los injertos – Hábito de vegetación (porte y ramificación: erecto, pocos anticipados) – Fácil de diferenciar de los cultivares
Compatibilidad
Características agronómicas
• Comportamiento en plantación: – Buen prendimiento al trasplante – Vigor y tamaño de la planta, adecuado a las condiciones de cultivo – Uniformidad de desarrollo y comportamiento entre plantas – Inducción de precocidad y productividad al cultivar injertado – Eficiencia respecto al uso de agua y nutrientes – Buena adaptabilidad a suelos con problemas no graves - Suelos compactos - Suelos calizos – Resistencias a factores físicos adversos – Resistencia a la sequía en los seleccionados para el cultivo en secano – Resistencia a asfixia de raíces y cuello

Cuadro 2. El patrón ideal para almendro (continuación)

– Resistencias a patógenos diversos del suelo - Nematodos - Capnodis (gusano cabezudo) - Agrobacterium - Verticilium. - Armillaria – Buen anclaje – Tendencia, nula o mínima, a producir sierpes

Estado sanitario satisfactorio

– Libres de virosis conocidas

Bibliografía

Cultivares

- ESPADA J.L., FELIPE A.J. 1989. Una operación rentable: el reinjerto de almendros. Surcos de Aragón, 18: 12-16.
- FELIPE A.J. 1976. Productividad y épocas de floración en almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. 23: 47-54.
- FELIPE A.J. 1977. Almendro: estados fenológicos. Inf. Téc. Econ. Agrar. 27: 8-9.
- FELIPE A.J. 1977. Epocas de floración de variedades de almendro. An. I.N.J.A., Ser. Prod. Veg. 7: 105-112.
- FELIPE A.J. 1977. L'amandier: stades phénologiques. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7 octubre 1977, 60-61.
- FELIPE A.J. 1981. Caída o fallo de yemas en almendro 'Marcona'. Inf. Téc. Econ. Agrar. 44: 3-7.
- FELIPE A.J. 1988. Observaciones sobre el comportamiento frente a heladas tardías en almendro. Rap. EUR 11557: 123-130.
- FELIPE A.J. 1988. Heladas tardías y diferencias de sensibilidad en almendro. III Congr. Nac. SECH, 102.
- FELIPE A.J. 1989. Almendro: comportamiento de algunas variedades frente a heladas tardías. Frutic. Prof. 27: 45-50.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCÍAS I COMPANY R. 1995. 'Garfi': una nueva variedad de almendro (*P. amygdalus* Batsch) seleccionada por su aptitud al enraizamiento. VI Congr. Nac. SECH, 102.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1977. Un amandier sauvage, probablement *P. webbii*, pas encore mentionné en Espagne. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7 octobre 1977, 78-79.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1978. El almendro: elección de variedades polinizadoras. Inf. Téc. Econ. Agrar., 33: 55-57.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1985. L'amélioration génétique de l'amandier à Saragosse. Options Méditerr. CIHEAM/TAMZ 85/I: 9-14.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1986. Nuevas variedades autocompatibles de almendro. Actas II Congr. Nac. SECH I: 16-23.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1986. Nuevas variedades autocompatibles de almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. 67: 10-15.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1987. 'Aylés', 'Guara' and 'Moncayo' almonds. HortScience: 22(5): 961-962.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1988. Trois variétés autocompatibles d'amandier provenant d'un programme de sélection et amélioration. Rap. EUR 11557: 9-16.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1988. The almond germplasm at the Zaragoza Research Center. Int. Symp. Hort. Germplasm, cultivated and wild, September 1988, Beijing, China, 19.
- FELIPE A.J., SOCÍAS I COMPANY R. 1994. Variedades de almendro. Vida Rural 5: 76-82.

- FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R., ESPIAU, E. 1992. Nuevas variedades de almendro y su difusión en España. *Frutic. Prof.* 45: 49-56.
- FELIPE A.J., VARGAS, F.J. 1978. Aspectos relacionados con las variedades de almendro. I Congr. Int. de Almendra y Avellana, Reus, 25-28 octubre 1976, 417-442.
- FELIPE A.J. *et al.* 1984. Variedades tipificadas de almendra en España. Monografíes de l'Obra Agrícola de la Caixa de Pensions, Barcelona, 2, 77 pp.
- GELLA R., BESPÍN M.T., FELIPE A.J. 1985. Étude de la diffusion de virus du groupe Ilarvirus dans une collection d'amandier (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb). *Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ 85/I*: 69-72.
- HERRERO M., CAMBRA M., FELIPE A.J. 1977. Interpolinización de variedades de almendro. *An. I.N.I.A., Ser. Prod. Veg.* 7: 99-104.
- HERRERO M., FELIPE A.J. 1975. Pollinisation de l'amandier. Incompatibilité pollen-style. II Coll. GREMPA, Montpellier-Nîmes.
- SOCIAS I COMPANY R. 1977. La autoincompatibilidad en el almendro. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 26: 41-47.
- SOCIAS I COMPANY R. 1982. Ensayo de polinización de diferentes clones del almendro 'Marcona'. *An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Agric.* 19: 11-21.
- SOCIAS I COMPANY R. 1983. Flower sterility in almond. *Acta Hort.* 139: 69-74.
- SOCIAS I COMPANY R. 1984. A genetic approach to the transmission of self-compatibility in almond. *Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ 84/II*: 123-128.
- SOCIAS I COMPANY R. 1988. La densité florale comme critère variétal chez l'amandier. *Rap. EUR 11557*: 119-122.
- SOCIAS I COMPANY R. 1988. Le rôle du pistil dans la croissance des tubes polliniques chez l'amandier. *Rap. EUR 11557*: 155-163.
- SOCIAS I COMPANY R. 1989. Situación y perspectivas en la mejora genética del almendro para la autocompatibilidad. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 58: 3-22.
- SOCIAS I COMPANY R. 1989. Estado actual en la creación de variedades de almendro. *Frut 4(6)*: 336-339.
- SOCIAS I COMPANY R. 1990. Breeding self-compatible almonds. *Plant Breed. Rev.* 8: 313-338.
- SOCIAS I COMPANY R. 1992. Dinámica de la floración y cuajado en el almendro 'Guara'. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 88V(3): 193-199.
- SOCIAS I COMPANY R. 1992. Où sommes-nous dans l'amélioration génétique pour l'autocompatibilité? *Rap. EUR 14081*: 27-48.
- SOCIAS I COMPANY R. 1994. La nueva frontera de la autocompatibilidad en el almendro. *Bol. Inf. SECH 7(3)*: 1-2.
- SOCIAS I COMPANY R. 1995. Self-compatibility in almond: always a new deal. *Nucis 3*: 3-5.
- SOCIAS I COMPANY R. 1995. A way through almond pollen genetics. *Nucis 4*: 5-6.
- SOCIAS I COMPANY R. 1997. Qualitative traits in almond. *Nucis 6*: 6-9.
- SOCIAS I COMPANY R. 1997. La autofertilidad en el almendro. *Agro Mañán 4*: 64.
- SOCIAS I COMPANY R., ESPADA J.L., FELIPE A.J. 1994. Diseño de plantación y cuajado en el almendro. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 90V(3): 135-140.
- SOCIAS I COMPANY R., ESPADA J.L., FELIPE A.J. 1994. The effect of orchard design on almond fruit set. *HortTechnology 4(4)*: 377-379.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1977. Heritability of self-compatibility in almond. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7 octubre 1977, 181-183.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1977. Interpollinisation des variétés à floraison tardive. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7 octubre 1977, 190-193.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1979. La polinización del almendro. *Hoja Téc. INIA 31*, 31 pp.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1982. Transmission of self-compatibility in almond. *Abstr. XXI Int. Hort. Congr.* 1: 1150.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1985. Estimation du degré d'autocompatibilité dans une sélection auto-compatible d'amandier. *Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ 85/I*: 31-38.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1987. La mejora genética del almendro. *Frutic. Prof.* 11: 64-66.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1987. Pollen tube growth and fruit set in a self-compatible almond selection. *HortScience*: 22(1): 113-116.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1987. La polinización del almendro. *Frutic. Prof.* 11: 71-76.

- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1988. Presence and self-compatibility of *Prunus webbii* in Spain. Int. Symp. Hort. Germplasm, cultivated and wild, September 1988, Beijing, China, 20.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1988. Self-compatibility in almond: transmission and recent advances in breeding. Acta Hort. 224: 307-317.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1988. Un factor poco considerado en la producción del almendro: la polinización. Surcos de Aragón, Dic., 27-31.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1990. Self-compatibility and autogamy in 'Guara' almond. XXIII Int. Hort. Congr., Firenze (Italia) Agosto. Abstracts: 1983.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1991. A polinização da amendoeira. O Algarbe e o campo (Especial Frutos Secos) 1: 14-18.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1992. Certains facteurs de l'autocompatibilité et la productivité chez l'amandier. Rap. EUR 14081: 49-50.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1992. Self-compatibility and autogamy in 'Guara' almond. J. Hort. Sci. 67(3): 313-317.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1992. Almond: a diverse germplasm. HortScience 27(7): 717-718, 803.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1993. La autogamia. Un nuevo reto en el almendro. HortoFruticultura 4(11): 59-62.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1993. Momento de la floración y pepitas dobles en almendro. Actas Hort. 9:131-136.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1994. Cross-incompatibility of 'Ferragnès' and 'Ferralise': implications for self-compatibility transmission in almond. Acta Hort. 373: 153-156.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1996. El programa de mejora genética del almendro en Zaragoza. Bol. Crisol y Ceres Frutos Secos 4: 24-27.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J.; ESPADA J.L. 1995. Diseño de plantación y cuajado en el almendro. Frutic. Prof. 72: 11-13.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J. 1995. Capacidad de autogamia en algunas selecciones de almendro (*P. amygdalus Batsch*). VI Congr. Nac. SECH, 101.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., GARCÍA, J.E., DICENTA, F. 1997. El concepto del ideotipo en la mejora de cultivares de almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. 93V(3): 164-176.

Patrones

- ALCAÑIZ, E., PINOCHET J., FERNÁNDEZ C., ESMENJAUD, D., FELIPE A.J. 1996. Evaluation of *Prunus* rootstocks for root-lesion nematode resistance. Hort Science 31(6): 1013-1016.
- BLASCO A.B., FELIPE A.J. 1981. Cropping efficiency in almond: a roostock trial under irrigation. Options Méditerr. CIHEAM/AMZ 81/I: 137-138.
- CANALS J., PINOCHET J., FELIPE A.J. 1992. Temperature and age of plant affect resistance in peach x almond hybrid rootstock infected with *Meloidogyne javanica*. HortScience 27(11):1211-1213.
- DE LA GUARDIA M.D., FELIPE A.J., ALCÁNTARA E., FOURNIER J.M., ROMERA F.J. 1995. Evaluation of experimental peach rootstocks grown in nutrient solutions for tolerance to iron stress. En: J. Abadía (Ed.), "Iron nutrition in soils and plants". Kluwer Academic Publishers : 201-205.
- FELIPE A.J. 1970. Ensayo en vivero de patrones de almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. 1: 165-167.
- FELIPE A.J. 1975. Híbridos FI entre melocotonero y almendro como patrones para ambas especies frutales. Agricultura 521: 661-663.
- FELIPE A.J. 1978. Compatibilidad entre cultivares de almendro y patrón de ciruelo 'pollizo'. I Congr. Int. de Almendra y Avellana, Reus, 25-28 octubre 1976. 331-336.
- FELIPE A.J. 1978. Los portainjertos del almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. 31: 17-25.
- FELIPE A.J. 1981. Germination accélérée d'amandes au moyen de l'acide gibberellique. Options Méditerr. CIHEAM/AMZ 81/I: 139-140.
- FELIPE A.J. 1983. Bouturage ligneux de l'amandier. Options Méditerr. CIHEAM/AMZ 84/II: 97-100.
- FELIPE A.J. 1984. Propagación de patrones - trabajos en el CRIDA-03. En: El pressequer. Obra Agrícola de la Caixa de Pensions, 13-16.
- FELIPE A.J. 1987. Patrones para el almendro. Frutic. Prof. 11: 67-70.

- FELIPE A.J. 1989. Rootstocks for almond. Present situation. Options Méditerran., Ser. A 5: 13-17.
- FELIPE A.J. 1990. Patrones para el almendro: Situación actual y perspectivas para un futuro próximo. Frut 5(1): 47-52.
- FELIPE A.J. 1992. Aptitude pour la propagation chez l'amandier 'Garrigues' et sa descendance. Rap. EUR 14081: 73-79.
- FELIPE A.J. 1995. Rootstocks for almonds. Nucis 4: 6-9.
- FELIPE A.J., BLASCO A.B., CARRERA M., GELLA R. 1989. 'Monpol'-645 y 'Montizo'-646: dos clones selectos de 'pollizo' de Murcia. Inf. Téc. Econ. Agrar. 83: 41-46.
- FELIPE A.J., BLASCO A.B., GELLA R. 1988. 'Montizo': un clon selecto de "pollizo de Murcia". Actas Hort. 1: 113-118.
- FELIPE A.J., CARRERA M., GÓMEZ APARISI J., SOCIAS I COMPANY R. 1997. 'Montizo' and 'Monpol', two new plum rootstocks for peaches. Acta Hort. 451 (2): 273-276.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J. 1990. Enraizamiento de estaquillas de almendro, melocotonero e híbridos. I Congr. Ibérico Cienc. Hort., Lisboa, Junio. Resúmenes: 235.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCIAS I COMPANY R. 1994. "Pollizo plum", a rootstock for almond: Preliminary results. Acta Hort. 373: 99-103.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCIAS I COMPANY R. 1995. Obtención y selección de nuevos híbridos almendro x melocotonero. VI Congr. Nac. SECH: 103.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCIAS I COMPANY R., CARRERA M. 1997. The almond x peach hybrid rootstock breeding program at Zaragoza, Spain. Acta Hort. 451 (1): 259-262.
- FELIPE A.J., HERRERO J. 1977. Ensayos de patrones para el cultivo de almendro en regadío. An. INIA. Ser. Prod. Veg. 7: 113-124.
- FELIPE A.J., PASCUAL M.T. 1990. Propagación de los nuevos clones de ciruelo "pollizo": 'Monpol' y 'Montizo'. Inf. Téc. Econ. Agrar. Extra 9: 215-220.
- FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R. (Ed.). 1989. Séminaire du GREMPA sur les porte-greffe de l'amandier. Options Méditerran. Sér. A 5, 75 pp.
- FERNÁNDEZ C., PINOCHET J., ESMENJAUD D., SALESES G., FELIPE A.J. 1994. Resistance among new *Prunus* rootstocks and selections to root-knot nematodes in Spain and France. HortScience 29(9): 1064-1067.
- JÁUREGUI B., PINOCHET J., MESSEGUER R., FELIPE A.J. 1995. Evaluación de una descendencia de híbridos almendro x melocotonero por su resistencia a *Meloidogyne spp.* VI Congr. Nac. SECH: 224.
- MARULL J., PINOCHET J., FELIPE A.J., CENIS J.L. 1994. Resistance verification in *Prunus* selections to a mixture of thirteen *Meloidogyne* isolates and resistance mechanisms of a peach-almond hybrid to *M. javanica*. Fundam. Appl. Nematol. 17(1): 85-92.
- OPAZO E., FELIPE A.J., GELLA R. 1984. Enraizamiento de estaquillas leñosas de híbridos entre melocotonero y almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. Extra 3: 60-68.
- PASCUAL M.T., FELIPE A.J. 1986. Efecto de diferentes factores en la propagación por estaquilla leñosa del híbrido 'INRA-GF-677'. Actas II Congr. Nac. SECH 1: 71-78.
- PASCUAL M.T., FELIPE A.J. 1990. Enraizamiento de estaquillas leñosas de híbridos melocotonero x almendro. I. Efecto de tratamientos en calor de fondo. I Congr. Ibérico Cienc. Hort., Lisboa, Junio. Resúmenes: 336.
- PASCUAL M.T., HERRERO M., FELIPE A.J. 1990. Enraizamiento de estaquillas leñosas de híbridos melocotonero x almendro. II. Cambios anatómicos y evolución de carbohidratos. I Congr. Ibérico Cienc. Hort., Lisboa, Junio. Resúmenes: 345.
- PINOCHET J., ANGLÈS M., DALMAU E., FERNÁNDEZ C., FELIPE A.J. 1996. *Prunus* rootstocks evaluation to root-knot and lesion nematodes in Spain. J. Nematol. 28(4 Suppl.): 616-623.
- PINOCHET J., FELIPE A.J., ESMENJAUD D., SALESES G., FERNÁNDEZ C. 1995. Avances en la selección de patrones de frutales de hueso frente a nematodos agalladores. Frutic. Prof. 71: 28-44.
- PINOCHET J., FERNÁNDEZ C., ALCAÑIZ E., FELIPE A.J. 1996. Damage by lesion nematode, *Pratylenchus vulnus*, to *Prunus* rootstocks. Plant Dis. 80(7): 754-757.
- PINOCHET J., MARULL J., FELIPE A.J. 1992. Respuesta de patrones de melocotonero, ciruelo y cerezo de reciente introducción en España a *Meloidogyne javanica*. Nematropica 22(1): 99-102.

PINOCHET J., SOLER A., FELIPE A.J. 1990. Evaluación de patrones de ciruelo, pollizo, membrillero y peral al nematodo de las agallas *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Bol. San. Veg. Plagas 16: 717-722.

SAID A., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J. 1993. Patrones híbridos de almendro x melocotonero: Comportamiento en condiciones clorosantes. Actas Hort. 9: 254-261.

General

FELIPE A.J. 1974. El cultivo del almendro y su interés económico. Inf. Téc. Econ. Agrar. 15: 29-37.

FELIPE A.J. 1976. La producción de almendra en España. Publ. Obra Social Agr. de la CPAV de Cataluña y Baleares. Barcelona. 84. 42 pp.

FELIPE A.J. 1976. La production d'amandes en Espagne. Options Méditerran. 32: 83-91.

FELIPE A.J. 1982. Aspetti tecnici della produzione delle mandorle in Spagna. Il Convegno Int. della Frutta Secca: 97-100.

FELIPE A.J. 1984. État de l'arboretum des espèces sauvages à Saragosse, considérations sur l'utilisation de ce matériel botanique. Options Méditerran. CIHE-AM/IAMZ 84/11: 203-204.

FELIPE A.J. 1984. Profitability of almond orchards in Spain. Acta Hort. 155: 287-290.

FELIPE A.J. 1987. La producción de almendra en España. Frutic. Prof. 11: 60-63.

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R. 1985. Estado actual de los estudios del material frutal en España: Almendro. Inf. Téc. Econ. Agrar. Extra 4: 223-250.

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R. 1987. El almendro. Desde Zaragoza para el Mediterraneo. Agricultura. Abril: 27-31.

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R. 1992. El almendro en la encrucijada. HortoFruticultura 9(9): 32-37.

FELIPE A.J., TUSET J.J. 1973. La asfixia del cuello de la raíz en almendro y otros frutales. Inf. Téc. Econ. Agrar. 11: 21-24.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1994. Flower and fruit quality in almond: Conflicting objectives? En: H. Schmidt y M. Kellerhals (Eds.): Progress in Temperate Fruit Breeding. Kluwer Academic Publ., Dordrecht. pp. 245-248.

LA FERTILIDAD DEL ALMENDRO Y EL PAPEL DE LA AUTOCOMPATIBILIDAD

Angelo Godini

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali,
Università di Bari, Italia

RESUMEN

El record mundial de producción de pepita es de 2,0 t/ha y pertenece a la producción californiana en riego. Ya que la pepita es sólo de un 6,6 a un 9,0% del peso fresco total del fruto, una producción de 2,0 t/ha de pepita significa una producción de 10 a 15 veces más elevada, o sea, 20 a 30 t/ha de frutos enteros, dependiendo del cultivar. Con una planificación adecuada del riego, la fertilización y la poda, no debería ser imposible alcanzar estas producciones, ya que objetivos de 30 t de fruta y más son normales con naranjas, manzanas, peras, melocotones, etc.

Considerando la variabilidad en el peso de una pepita de almendra, entre 1,0 g y 1,6 g, dependiendo del cultivar, una producción de 2,0 t/ha de pepita significa 1.250.000-2.500.000 frutos/ha, o sea muchos miles de frutos por árbol. Desde este segundo punto de vista, además del riego, la fertilización y la poda, una polinización efectiva por las abejas adquiere una importancia estratégica. El manejo correcto de las abejas para la polinización se traduce en la optimización del cuajado. Además, la utilización de almendros autocompatibles puede ser realmente de gran ayuda para alcanzar los records mencionados.

Las investigaciones llevadas a cabo en los años 70 y 90 permitieron identificar al menos 30 almendros naturalmente autocompatibles. El denominador común de estos cultivares fue su origen geográfico: Apulia, en la Italia del sur. Se ha supuesto que la autocompatibilidad apareció después de hibridaciones naturales y remotas entre el almendro cultivado y un almendro silvestre de pepita amarga, *Amygdalus webbii* Spach, que se encuentra en la Apulia desde tiempo inmemorial. Por otra parte, la autocompatibilidad se ha introducido artificialmente en el genoma del almendro por medio de la hibridación artificial con el melocotonero y por la inducción de mutaciones.

Varios años de estudio han mostrado que bajo las mismas condiciones ambientales y de cultivo, los almendros autocompatibles, capaces de cuajar frutos con sus propios gametos, son capaces también de producir una cosecha, por árbol y por hectárea, aproximadamente dos veces mayor que los cultivares autoincompatibles más populares. En conclusión, los estudios realizados han demostrado que los cultivares autocompatibles pueden cultivarse en bloques compactos, eliminando la necesidad de polinizadores y así los problemas que derivan de ello. Sin embargo, la obtención de niveles de cosecha agrónomicamente interesantes por medio de la autopolinización y la autofecundación es imposible sin la mediación de vectores como los insectos. La acción de los vectores se ha interpretado como fundamental para asegurar el contacto íntimo de los granos de polen con el estigma de la misma flor, entre flores del mismo árbol, o entre flores de diferentes árboles del mismo cultivar.

Palabras clave: Almendro. Compatibilidad. Producción.

SUMMARY

ALMOND FRUITFULNESS AND ROLE OF SELF-FERTILITY

The world record of kernel yield is 2.0 t/ha and belongs to the Californian irrigated almond industry. Since the kernel is only 6.6% to 9.0% of the whole fresh fruit weight, a yield of 2.0 t/ha of kernel means a yield 10 to 15 times higher, i.e. 20 to 30 t/ha of whole fruits, depending on the cultivar. Planning adequately irrigation, fertilization and pruning, reaching the above top yield should not be impossible, since goals of 30 t/ha and more of fruits are common with oranges, apples, pears, peaches, etc.

Considering the variability of the weight of the almond kernel, between 1.0 g and 1.6 g, depending on the cultivar, a yield of 2.0 t/ha of kernel means 1,250,000-2,500,000 fruit/ha, i.e. many thousand fruit/tree. From this second point of view, besides irrigation, fertilization and pruning, strategic importance assumes an effective pollination by honey-bees. Correct management of bees for pollination means optimization of fruit set. In addition, the use of self-fertile almonds could really help towards the achievement of the above records.

Investigation carried out throughout the '70s and '90s allowed to identify at least 30 naturally self-fertile almonds. The common denominator of those cultivars was the same geographic origin: Apulia, Southern Italy. It has been supposed that self-fertility appeared following remote and natural hybridization between the cultivated almond and a wild bitter kernel almond living in Apulia from time immemorial: *Amygdalus webbii* Spach. In addition, self-fertility has been artificially introduced into the genome of common almond by means of artificial hybridization with peach and induction of mutation.

Pluriannual studies have shown that under the same environmental and growing conditions almonds which are self-fertile and able to set fruit with their own gametes are also able to set kernel per tree and per hectare about two times larger than the most popular self-sterile almonds. In conclusion, the studies carried out have shown that self-fertile cultivars can be grown in solid blocks, eliminating the need for pollinators and the ensuing problems. However, the achievement of horticulturally interesting yields by self-pollination and self-fertilization is impossible without insect vectors mediation. The action of the vectors has been interpreted as fundamental to assure the intimate contact of pollen grains with the stigma of the same flower, between flowers of the same tree, between flowers of different trees of the same cultivar.

Key words: Almond, Compatibility, Production.

Introducción

Las fuentes californianas señalan que la producción de una plantación adulta de almendro en riego, con una densidad de plantación de entre 250 y 300 árboles por hectárea, puede superar las 2 Tm de pepita por hectárea y año (MOULTON, 1996).

Dada la morfología del fruto, uno puede preguntarse: "en el caso del almendro, ¿qué significa una producción de 2 Tm de pepita por hectárea?" Se puede responder a esta pregunta, sólo aparentemente banal, de dos maneras según se considere el peso o se considere el número de frutos necesarios para dar la mencionada producción de pepita.

**El cálculo del rendimiento en pepita
basado en el peso total del fruto**

Normalmente, los comerciantes, los productores e incluso los técnicos tienden a considerar al fruto del almendro como una núcula, consistente por lo tanto sólo de dos partes: la cáscara y la pepita. Los datos

incluidos en el Cuadro 1 son representativos de una muestra varietal de varios tipos de almendras en relación con el rendimiento al descascarado e indican que el rendimiento, calculado de acuerdo con los dos componentes, cáscara y pepita, puede variar más de 40 puntos, desde 24,6% en ‘Marcona’ a 66,4% en ‘Nonpareil’.

Cuadro 1. Rendimiento en cáscara y en pepita basado en el peso total del fruto de algunos cultivares de almendro conocidos

Table 1. Shelling and kernel output based on the weight of the whole fresh fruit of some popular almond cultivars

1	2	3	4	5	6	6:4	6:3
Cultivar	Origen	Fruto (g)	En cáscara (g)	Cáscara (g)	Pepita (g)	Rendimiento al descascarado (%)	Rendimiento final en pepita (%)
Retsou	Grecia	10,2	1,82	0,81	1,01	55,5	9,9
Ferragnès	Francia	17,4	3,66	2,16	1,50	41,1	8,6
Genco	Italia	16,9	4,03	2,62	1,41	34,7	8,3
Nonpareil	USA	13,5	1,52	0,51	1,01	66,4	7,5
Marcona	España	20,1	5,57	4,20	1,37	24,6	6,8
Media		15,6	3,32	2,06	1,26	44,4	8,2

Fuente: Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Bari (Italia).

Considerando el binomio cáscara-pepita, los datos sobre el esfuerzo productivo indican que la cosecha indicada de 2 Tm de pepita por hectárea significa una producción de sólo 3 a 8 Tm/ha de frutos, o sea, de sólo 10 a 27 kg/árbol. Además, adoptando ‘Marcona’ como cultivar de referencia, ‘Nonpareil’ permitiría un ahorro del 63% en la producción necesaria para conseguir una cosecha de 2 Tm/ha de pepita (cuadro 2).

Sin embargo, estamos obligados a señalar que el razonamiento anterior debe considerarse erróneo porque no tiene en cuenta todas las partes componentes de la almen-

dra. De hecho, se debe recordar (GODINI, 1983a) que la almendra es una drupa, compuesta de tres partes y no sólo de dos desde la capa exterior a la interior: una piel fibrosa y generalmente pesada, una cáscara que puede variar en espesor, dureza y peso dependiendo del cultivar y que envuelve y protege la parte más interna y comestible, la pepita (figura 1).

Cuando consideramos la misma muestra varietal y calculamos el peso total del fruto, el rendimiento en pepita calculado de acuerdo con el trinomio piel-cáscara-pepita varía sólo en un pequeño porcentaje, desde un



Figura 1. Fruto y pepita del almendro (izquierda); fruto completo del almendro sobre el árbol (centro); diferentes componentes del fruto del almendro (derecha).

Cuadro 2. Producción en cáscara requerida para una cosecha de 2 Tm de pepita por hectárea (300 árboles/ha)

Table 2. Nut yield required for a crop of 2 tons of kernel per hectare (300 tree/ha)

Cultivar	Origen	Producción en cáscara	
		Tm/ha	Kg/árbol
Nonpareil	USA	3,01	10,1
Retsou	Grecia	3,60	12,0
Ferragnès	Francia	4,88	16,3
Genco	Italia	5,76	19,2
Marcona	España	8,13	27,1
Media		5,08	16,9

Fuente: Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Bari (Italia).

mínimo de 6,8% (‘Maecona’) a un máximo de 9,9% (‘Retsou’). La gran diferencia en términos de descascarado entre ‘Marcona’ y ‘Nonpareil’ (más de 40 puntos) se convierte en una diferencia muy pequeña en términos de rendimiento en pepita (menos de 1 punto).

Para conocer el peso necesario de frutos por hectárea o por árbol, es necesario multiplicar la cosecha deseada de pepita por un mínimo de 10 veces (‘Retsou’, con un fruto pequeño y ligero) hasta un máximo de 15 veces (‘Marcona’, con un fruto grande y pesado). Ello significa que para obtener 2 Tm/ha de pepita, cualquier plantación con 300 árboles/ha se encuentra forzada a producir de 20 a 30 Tm/ha o de 67 a 98 kg/árbol de frutos completos (cuadro 3).

Es interesante señalar que el esfuerzo productivo calculado de esta manera es más correcto que el anterior y es totalmente independiente del descascarado: los cultivares con los descascarados más alto (‘Nonpareil’) y más bajo (‘Marcona’) están obligados a realizar un mayor esfuerzo productivo, el primero para compensar el mayor peso de la piel y el segundo el mayor peso de la cáscara. Por lo tanto, la nivelación de valores es el resultado del llamado “desarrollo compensado de piel y cáscara” (GODINI, 1983b; GODINI *et al.*, 1990). La situación es la misma si consideramos el peso seco en lugar del peso fresco de las diferentes partes del fruto.

Llegados a este punto es natural preguntarse si es cuantitativamente posible alcanzar

Cuadro 3. Frutos requeridos para una cosecha de 2 toneladas de pepita por hectárea (300 árboles/ha)

Table 3. Fresh fruits required for a yield of 2 tons of kernel per hectare (300 tree/ha)

Cultivar	Peso absoluto		Peso relativo (%)
	Tm/ha	Kg/árbol	
Marcona	29,4	98,0	100,0
Nonpareil	26,6	88,7	90,5
Ferragnès	24,0	80,0	81,6
Genco	22,0	73,3	74,8
Retsou	20,0	66,7	68,1
Media	24,4	81,3	—

Fuente: Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Bari (Italia).

el rendimiento propuesto de 20-30 Tm/ha de fruto completo del cual obtener 2 Tm/ha de pepita. Si consideramos los otros frutales comerciales y reflejamos, por ejemplo, la producción por hectárea de naranjas, melocotones, peras, manzanas, etc., la respuesta es: “ciertamente sí”, siempre y cuando el almendro pueda disponer de los mismos recursos, en particular el riego, que los otros frutales mencionados.

El cálculo de la producción en pepita basado en el número de frutos

Este segundo método de medir la producción del almendro tiene en cuenta el peso de pepita, al cual es inversamente proporcional. El peso de una pepita es generalmente bajo y el de nuestra muestra varietal representativa oscilaba entre 1,01 g (‘Nonpareil’, ‘Retsou’) y 1,5 g (‘Ferragnès’). Por lo tanto, el número de frutos/ha necesarios para alcanzar 2 Tm/ha de pepita variaría entre un mínimo de unos 1.300.000 (‘Ferragnès’, con una pepita pesada) y un máximo de unos 2.000.000 (‘Nonpareil’ y ‘Retsou’, con

unas pepitas ligeras). Por consiguiente, para una densidad de plantación de 300 árboles/ha, el número de frutos que debe producir cada árbol sería de menos de 5.000 para ‘Ferragnès’, ‘Genco’ y ‘Marcona’ y más de 6.500 para ‘Nonpareil’ y ‘Retsou’.

Uno puede ahora preguntarse si es cuantitativamente posible producir 5.000-6.000 frutos/árbol para conseguir 2 Tm/ha de pepita. Si acudimos a la comparación con los importantes frutales citados antes, la respuesta sería: “no es imposible, pero es ciertamente más difícil”.

La mayor dificultad surge de la constatación de la gran cantidad de frutos necesarios para proporcionar 2 Tm/ha de pepita. Con otras especies, como naranjas, peras, manzanas o melocotones, se pueden obtener 20-30 Tm/ha con la producción de algunos cientos de frutos por árbol; en el caso del almendro, 2 Tm/ha de pepita sólo se pueden obtener “convenciendo” a cada árbol para producir varios miles de frutos.

En este punto vale la pena subrayar la diferencia entre los valores incluidos en los cuadros 3 y 4. Aparte de algunas características de la pepita, como el tamaño, la forma y

Cuadro 4. Producción de fruto fresco necesaria para un rendimiento de 2 Tm de pepita por hectárea (300 árboles/ha)

Table 4. Fresh fruits yield required for a yield of 2 tons of kernel per hectare (300 tree/ha)

Cultivar	Número absoluto		Número relativo (%)
	Por ha	Por árbol	
Nonpareil	1.980.000	6.600	100,0
Retsou	1.980.000	6.600	100,0
Marcona	1.459.800	4.866	73,7
Genco	1.428.600	4.762	72,1
Ferragnès	1.333.200	4.444	67,3
Media	1.636.200	5.454	—

Fuente: Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Bari (Italia).

el sabor, comparemos dos cultivares con un 98-100% de pepitas únicas: 'Nonpareil', el cultivar más importante de California, autoincompatible y de cáscara blanda con un rendimiento del 66,4%, y 'Genco', un cultivar autocompatible de la Apulia, con cáscara dura y un rendimiento del 34,7%. Puede decirse que 'Genco' consigue proporcionar la misma cosecha en pepita que 'Nonpareil':

a) Con un 17% de ahorro en la producción total en peso debido al peso reducido del fruto completo, determinando así una demanda reducida de nutrientes (agua y fertilizantes);

b) Con un 28% de ahorro en el número total de frutos debido al mayor peso de la pepita, haciendo así menos dramático el problema de la polinización.

Cuando consideramos el esfuerzo demandado a un almendro para producir la cantidad de frutos necesarios para obtener 2 Tm/ha de pepita, el cuidado con el que se debe llevar a cabo la polinización adquiere una importancia estratégica entre las técnicas de cultivo. Sólo con un abonado correcto, un riego abundante y una poda apropiada se puede inducir a los almendros a producir

un mayor número de brotes, y brotes más largos con muchas yemas de flor. Pero todo ello sería infructuoso si no se pone un cuidado atento para convertir el mayor porcentaje posible de flores en frutos por medio de una técnica de polinización óptima.

Polinización y problemas relacionados

Independientemente del cultivar de almendro (KESTER y GRIGGS, 1959), debe recordarse que:

a) El número óptimo de frutos que un almendro puede producir se encuentra entre un 25 y un 40% de las flores, por lo que el número inicial de flores debe ser de 2,5 a 4 veces mayor que el número final de frutos.

b) Para alcanzar un cuajado del 25-40%, se necesita que un porcentaje de flores muy cercano al 100% se polinice eficazmente.

c) En el caso del almendro, la polinización está encomendada a insectos y no al viento.

A lo largo de los últimos 30 años, el nivel creciente de polución ha reducido la pobla-

ción de vectores silvestres por debajo del nivel requerido por las necesidades agrícolas. Por consiguiente, una polinización eficiente debe basarse ahora en la introducción racional de abejas, lo que debe considerarse una práctica de cultivo necesaria para aumentar la productividad hasta los límites máximos (GODINI *et al.*, 1991).

Realmente, las primeras indicaciones de la existencia de cultivares autocompatibles de almendro pueden encontrarse en el período de hace 40 a 65 años (LUTRI, 1935; DE ALMEIDA, 1945; CRESCIMANNO, 1960). Sin embargo, esta información no atrajo seguidores, encerrada en sí misma, y hasta los años 60 el almendro cultivado (*Amygdalus communis* L. = *Prunus amygdalus* Batsch = *Prunus dulcis* Mill.) siguió incluyéndose en el grupo de los frutales con flores hermafroditas y polinizado por abejas regido por una esterilidad gametofítica factorial (EAST y MANGELSDORF, 1925).

Las condiciones para alcanzar un cuajado óptimo con almendros autoincompatibles son las siguientes:

a) Asociar el cultivar básico autoincompatible con uno o más donantes de polen que florezcan lo más simultáneamente posible.

b) Adoptar diseños de plantación apropiados de acuerdo con la importancia agrícola de los polinizadores para mejorar la polinización cruzada.

c) Confiar a las abejas el transporte del polen desde los donantes de polen al cultivar básico y viceversa.

Estas decisiones implican problemas como i) heterogeneidad de la producción de los cultivares asociados, ii) riesgos de un posible desfase de la floración entre cultivares y iii) aumento de los costes de producción debido al alquiler de colmenas.

Para superar problemas, riesgos y mayores costes de la autoincompatibilidad, varios programas de mejora se iniciaron en California en los años 50 para introducir la autocompatibilidad en el germoplasma local de almendro (WEINBAUM, 1985). El principal objetivo era la obtención de cultivares capaces de suministrar cosechas agronómicamente interesantes con su cultivo en bloques compactos sin la mediación de abejas (KESTER y ASAY, 1975). Para ello se inició la hibridación entre el almendro (autoincompatible) y el melocotonero (autocompatible), llegándose al desarrollo de 'LeGrand' (KESTER y ASAY, 1975).

Los almendros autocompatibles naturales

Con relación al cultivo del almendro en el Mediterráneo, durante la primera mitad de los años 70 en Tunisia, Francia e Italia, varios investigadores iniciaron independientemente estudios en la biología floral del almendro que condujo a la identificación de algunos cultivares de almendro naturalmente autocompatibles.

Los estudios realizados en Tunisia llevaron al descubrimiento de un cultivar de almendro autocompatible con el nombre italiano de 'Mazzetto' (JAOUANI, 1973, en: GRASSELLY y OLIVIER, 1976). Se confirmó después que 'Mazzetto' era un sinónimo para el cultivar de la Apulia 'Tuono', introducido en Tunisia a través de Libia entre las dos guerras mundiales (GRASSELLY y CROSSA RAYNAUD, 1980).

En 1972 en Francia, el descubrimiento accidental que el cultivar de la Apulia 'Filippo Ceo' era capaz de cuajar frutos con su autopolinización, convenció a los investigadores

Cuadro 5. Orden cronológico del descubrimiento de almendros de la Apulia naturalmente autocompatibles

Table 5. Chronological order of the finding of naturally self-fertile Apulian almonds

Cultivar	Fuente
1 Tuono (Sin. Mazzetto)	JAOUANI, 1973; GODINI, 1975; GRASSELLY y OLIVIER, 1976
2 Falsa barese	GODINI, 1975
3 Ferrante	" "
4 Filippo Ceo	GODINI, 1975; GRASSELLY y OLIVIER, 1976
5 Genco	GRASSELLY y OLIVIER, 1976; GODINI, 1977
6 Patalina	GODINI, 1977
7 Sannicandro	" "
8 Scorza verde	" "
9 Antonio De Vito	REINA, GIORGIO y GODINI, 1986
10 Bianchi	" " " "
11 Calò	" " " "
12 Dicoladonato	" " " "
13 Gargano	" " " "
14 Irene Lanzolla	" " " "
15 Laterza	" " " "
16 Montenegro	" " " "
17 Pepparudda	" " " "
18 Pignatelli	" " " "
19 Piscalze	" " " "
20 Rachelecchia	" " " "
21 Salvella	" " " "
22 Torre	" " " "
23 Ventura	" " " "
24 Viapiano n 1	" " " "
25 Viapiano n 2	" " " "
26 Andria (amarga)	GODINI, DE PALMA y PALASCIANO, 1992a
27 Cicerchia (amarga)	" " " "
28 Gaetanuccia (amarga)	" " " "
29 Padula di Ruvo (amarga)	" " " "
30 Garibaldina	PALASCIANO y GODINI, 1999

franceses a extender este conocimiento a otros cultivares de la Apulia; estos estudios condujeron a la identificación de otros dos cultivares definitivamente autocompatibles: ‘Genco’ y ‘Tuono’ (GRASSELLY y OLIVIER, 1976).

En relación con la identificación de cultivares autocompatibles de almendro en Italia,

al principio de los años 70 nuestra atención en la Apulia fue atraída por la observación que:

- a) En la mayoría de cultivares, una floración abundante generalmente era seguida por cuajados muy bajos, independientemente de la época de floración y de las condiciones climáticas en este momento.

b) Bajo las mismas condiciones ambientales y de cultivo, algunos cultivares eran excepciones ya que eran capaces de floraciones y producciones abundantes y constantes (GODINI, 1974).

Entre los años 40 y 60, los investigadores de la Apulia habían observado este mismo fenómeno y concluyeron, sin demostrarlo, que la productividad baja y errática indicada en a) debería atribuirse a la susceptibilidad de flores y frutos a condiciones atmosféricas desfavorables (niebla, heladas tardías y lluvia) y a enfermedades; estos mismos autores también dedujeron, aunque sin demostrarlo, que la productividad elevada y constante de los cultivares en b) era debida a la resistencia de flores y frutos a estos mismos factores climáticos y patológicos (CARRANTE, 1968; CICCARONE, 1974; FANELLI, 1939; D'AMATI, 1966; GIOVANARDI-PANTANELLI, 1940; PASTORE, 1932, 1954; ZITO, 1966; VIVARELLI, 1933).

Al no estar convencidos de la exactitud de la ecuación "producción alta y constante = resistencia de flores y frutos a condiciones climáticas adversas y a enfermedades", en 1974 decidimos ampliar el estudio del comportamiento biológico de estos cultivares.

Los primeros resultados con muestras de 30 cultivares se publicaron en 1975 y evidenciaron que los siguientes cultivares de la Apulia con una producción alta y constante eran también autocompatibles: 'Falsa barese', 'Ferrante', 'Filippo Ceo' y 'Tuono' (GODINI, 1975). La continuación de esta investigación durante dos años más permitieron añadir a este grupo autocompatible otros cuatro cultivares de la Apulia con producción elevada y constante: 'Genco', 'Patalina', 'Sannicandro' y 'Scorza verde' (GODINI, 1977a). Por lo tanto afirmábamos que la producción constante y consistente de algunos cultivares de la Apulia no debía atribuirse a la

resistencia de flores y frutos a condiciones climáticas adversas, sino a la capacidad de cuajado después de la autopolinización/autofecundación.

Consideramos también que los mecanismos de transporte del polen en el almendro eran totalmente desconocidos por los cultivadores de la Apulia, así como el papel estratégico desempeñado por las abejas en este proceso. Por lo tanto concluimos que la producción baja y errática de los cultivares autoincompatibles estaba influida por la escasez de cultivares donantes de polen y todavía más por la escasez de la polinización cruzada debida a la población insuficiente de vectores silvestres, a los que se había confiado sin saberlo los cultivadores locales la tarea de la polinización del almendro en la Apulia.

Hipótesis en relación con la aparición de la autocompatibilidad en el almendro cultivado

La investigación realizada casi simultáneamente en Francia, Italia y Tunisia permitió la identificación de un grupo de cultivares naturalmente autocompatibles que tienen en común el origen geográfico, la Apulia. Era normal preguntarse por qué la autocompatibilidad se encontraba sólo en el germoplasma del almendro nativo de la Apulia.

En Francia se formuló la hipótesis que el origen de la autocompatibilidad se debía a una mutación natural y remota del alelo S (incompatibilidad) al alelo S_f (autocompatibilidad). Este alelo probablemente se seleccionó en el pasado y se propagó inconscientemente por los agricultores de la Apulia por injerto hasta la actualidad (GRASSELLY y OLIVIER, 1976).

Sin embargo, en nuestra opinión, esta hipótesis no concuerda con el número elevado de cultivares autocompatibles y sus orígenes a lo ancho del territorio de la Apulia. Al contrario, formulamos una hipótesis diferente según la cual la autocompatibilidad se adquirió por el almendro después de una hibridación natural y remota con *Amygdalus webbii* Spach, un almendro silvestre de pepitas amargas (GODINI, 1979).

Las bases para nuestra hipótesis eran:

1. El descubrimiento de un gran número de almendros autocompatibles en la Apulia.

2. La autocompatibilidad de *A. webbii* (GRASSELLY, 1976; FELIPE y SOCIA S I COMPANY, 1977).

3. El hecho que la existencia de *A. webbii* en la Apulia no fuera conocida por Grassetly y Olivier (GRASSELLY, 1977; GRASSELLY y OLIVIER, 1977).

Además, si nuestra hipótesis estaba bien fundamentada, afirmábamos que no sería imposible identificar nuevos almendros autocompatibles en las zonas de la Apulia cerca de aquéllas en las que se extiende naturalmente *A. webbii*. Por lo tanto, exploraciones adicionales nos llevaron en los años 80 a descubrir un tercer grupo de 17 cultivares y/o biotipos de almendro autocompatibles (REINA *et al.*, 1986); a finales de los años 80, se encontró un cuarto grupo de cuatro almendros autocompatibles de pepita amarga (GODINI *et al.*, 1992a). Finalmente, el último almendro autocompatible, 'Garibaldina', el trigésimo, se encontró y describió en 1999 (PALASCIANO y GODINI, 1999).

Por ahora, nuestra hipótesis sobre la conexión entre *A. webbii* y *A. communis* en relación con la aparición de la autocompatibilidad en el genoma del almendro cultivado parece ser adoptado por los científicos de

todo el mundo (SOCIA S I COMPANY, 1992; KESTER, 1993, comunicación personal). Como confirmación de la relación entre las dos especies, también postulábamos la posibilidad de que los cuatro almendros autocompatibles de pepita amarga podrían constituir un eslabón intermedio en la larga secuencia con *A. webbii* y *A. communis* en los extremos.

Además de esta vía natural, la autocompatibilidad también se ha introducido artificialmente en el genotipo del almendro i) por medio de programas de mejora iniciados en los Estados Unidos con el melocotonero, y ii) por la inducción de mutaciones. Con este último método, se obtuvo en Italia el cultivar 'Supernova', un mutante de floración tardía y autocompatible del cultivar 'Fascionello' (MONASTRA *et al.*, 1987).

Muy recientemente, se ha encontrado la autocompatibilidad de 16 entre 18 cultivares y selecciones de almendro supuestamente nativos de la India en vías de estudio (KUMAR y KUMAR, 2000). Todos los genotipos autocompatibles dieron cuajados altos o muy altos tanto con embolsado como con autopolinización manual. Los autores no han dado explicaciones sobre la vía presumible de aparición de este importante carácter biológico en el germoplasma local del almendro.

La facilidad de la transmisión de la autocompatibilidad por cruzamientos (SOCIA S I COMPANY y FELIPE, 1977; GRASSELLY y CROSSA RAYNAUD, 1980) ha animado intensos programas de mejora para este carácter, especialmente en Francia y España. Como productos de estos programas, numerosos nuevos cultivares autocompatibles, todos con germoplasma autocompatible de la Apulia en su ascendencia, se han ofrecido durante los pasados quince años como se ve en el cuadro 6.

Cuadro 6. Lista de cultivares autocompatibles de almendro obtenidos en programas de mejora específicos: país de origen, genealogía, referencias

Table 6. List of self-fertile almond cultivars issued from specific breeding programs: country of origin, genealogy, references

Cultivar	País	Parentales	Referencia
Lauranne	Francia	Ferragnès x Tuono	GRASSELLY <i>et al.</i> , 1992
Steliette	Francia	Ferragnès x Tuono	GRASSELLY <i>et al.</i> , 1992
Aylés	España	Tuono (polinización libre)	FELIPE y SOCIAS I COMPANY, 1988
Guara	España	Al menos un padre de la Apulia	FELIPE y SOCIAS I COMPANY, 1988
Moncayo	España	T. de la Verdière x Tuono	FELIPE y SOCIAS I COMPANY, 1988
Blanquerna	España	Genco (polinización libre)	SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1999
Cambra	España	Tuono x Ferragnès	SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1999
Felisia	España	Titan x Tuono	SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1999
Antoñeta	España	Ferragnès x Tuono	EGEA <i>et al.</i> , 2000
Marta	España	Ferragnès x Tuono	EGEA <i>et al.</i> , 2000

En los programas europeos de mejora genética del almendro para el carácter específico de la autocompatibilidad, se ha utilizado casi exclusivamente 'Tuono' como parental a pesar de algunos defectos. Ello puede explicarse por el hecho de que, cuando la actividad de mejora empezó en Francia y España, 'Tuono' era, si no el único cultivar, sí el más conocido y el mejor considerado de los pocos cultivares autocompatibles de la Apulia presentes entonces en estos dos países.

La idea que la autocompatibilidad en el almendro pudiera de alguna manera depen-

der de la morfología de la flor se propuso en las investigaciones realizadas con 'Truuito' (sin. 'Tuono') en Grecia (VASILAKAKIS y PORLINGIS, 1984) y con 'LeGrand' en los Estados Unidos (WEINBAUM *et al.*, 1986). Estos autores proponían que eran capaces de percibir la posibilidad de autopolinización y autofecundación en el contacto entre las anteras y el estigma de la misma flor. Un estudio enfocado a este aspecto particular llevado a cabo con 15 cultivares autocompatibles y con un número igual de cultivares autoincompatibles (cuadro 7), nos permitió

Cuadro 7. Longitud del pistilo y distancia estigma/antera (media de 15 almendros autocompatibles y 15 autoincompatibles)

Table 7. Pistil length and stigma/anther distance (average of 15 self-fertile and 15 self-sterile almonds)

Cultivar	Longitud del pistilo (mm)	Distancia estigma/antera (mm)
Autocompatible	16,54a	0,95a
Autoincompatible	16,18b	-0,30b

Fuente: de PALMA y GODINI, 1994.

excluir la existencia de cualquier relación entre la morfología floral y el comportamiento biológico de un cultivar de almendro (DE PALMA y GODINI, 1994).

La mejora del almendro para objetivos específicos en el área Mediterránea no sólo incluía la autocompatibilidad. De hecho, la obtención de descendencias de floración tardía era el hito principal del programa llevado a cabo en España por el IRTA, Reus (Tarragona): el cultivar de la Apulia autoincompatible y de floración tardía 'Cristomorto' se utilizó como parental y se obtuvieron los cultivares 'Francolí', 'Glorieta' y 'Masbovera' (VARGAS GARCIA y ROMERO, 1994). Se puede concluir que todos los mejoradores europeos del almendro tienen en alta consideración dos cultivares que pertenecen al germoplasma nativo de la Apulia: 'Cristomorto' para floración tardía y 'Tuono' para autocompatibilidad.

La importancia agronómica de la autocompatibilidad en el almendro cultivado

Los investigadores de Estados Unidos creen que para que un cultivar autocompatible de almendro sea de interés agronómico debe ser capaz de producir, en bloques compactos, con su propio polen y sin la costosa mediación de las abejas, tanto como produciría un cultivar autoincompatible con la utilización de variedades polinizadoras y con el transporte de polen confiado a las abejas. En otras palabras, para ser comercialmente interesante, un cultivar autocompatible de almendro debería poseer una autonomía productiva elevada, y tales resultados no se han obtenido todavía en California, como ha demostrado el escaso éxito de 'LeGrand'.

Considerando la floración generalmente temprana de la especie y las condiciones climáticas a menudo desfavorables para una polinización cruzada eficaz durante este período importante y delicado, los investigadores franceses, españoles e italianos han atribuido una gran importancia a la autocompatibilidad del almendro. Como se ha visto en el apartado anterior, en Europa empezó una profunda tendencia con el fin de:

1. Cultivar con preferencia cultivares autocompatibles;

2. Utilizar cultivares autocompatibles en los programas de mejora para transferir la autocompatibilidad al genoma de los populares cultivares locales autoincompatibles.

En la zona Mediterránea, la importancia agronómica de la autocompatibilidad en el almendro se ha demostrado experimentalmente.

Un primer estudio (cuadro 8) comprende la comparación plurianual del cuajado después de la polinización libre entre 9 cultivares autocompatibles de la Apulia, 9 autoincompatibles de la Apulia y 9 autoincompatibles extranjeros. Esta comparación aseguró la capacidad de los cultivares autocompatibles de conseguir cuajados medios poco inferiores al doble de los cuajados de los autoincompatibles (GODINI *et al.*, 1992b).

En un segundo estudio realizado con ocho cultivares autocompatibles de la Apulia (cuadro 9), se compararon los cuajados inducidos por la polinización libre o la manual del 100% de las flores (GODINI *et al.*, 1992c). La autopolinización manual produjo un cuajado medio (42,1%) significativamente superior al obtenido por el movimiento de las ramas por el viento (10,4%).

La capacidad de los almendros autocompatibles de producir cuajados similares des-

Cuadro 8. Almendros autocompatibles y autoincompatibles: cuajado (%) después de la polinización libre por vectores silvestres más abejas (1989 y 1990) y sólo por vectores silvestres (1991)

Table 8. Self-fertile and self-sterile almonds: fruit set (%) following open pollination by wild vectors plus honey bees (1989 and 1990) and by wild vectors only (1991)

Cultivar	Nº	Año			
		1989	1990	1991	Media
		Cuajado (%)			
A. Autocompatibles de la Apulia	9	42,3	38,4	30,6	37,1a
B. Autoincompatibles de la Apulia	9	23,5	25,6	7,8	19,0b
C. Autoincompatibles extranjeros	9	26,5	27,0	5,6	19,7b
Relación A:B		1,8	1,5	3,9	1,9
Relación A:C		1,6	1,4	5,5	1,9
Relación B:C		0,9	0,9	1,4	1,0

Fuente: GODINI, DE PALMA y PALASCIANO, 1992.

Cuadro 9. Cuajado de 8 almendros autocompatibles de la Apulia después de autopolinización manual o libre

Table 9. Fruit set of hand and unassisted self-pollinated flowers of 8 self-fertile Apulian almonds

Cultivar	Cuajado (%) después de autopolinización		Nivel de significación
	Manual	Libre	
Sannicandro	40,0	8,7	**
Scorza verde	44,4	19,1	**
Ferrante	14,3	2,8	NS
Filippo Ceo	46,5	8,5	**
Patalina	28,0	2,3	**
Tuono	33,5	18,0	*
Calò	67,0	18,7	**
Genco	62,5	4,8	**
Media	42,1	10,4	**

NS, (*), (**) No significativo o significativo a P = 0,05 o 0,01, respectivamente.

Fuente: GODINI, DE PALMA y PALASCIANO, 1992.

pués de su polinización manual con su propio polen o con un polen extraño se demostró con un ensayo llevado a cabo con 4 cultivares de la Apulia (cuadro 10). Después de

la polinización efectiva del 100% de las flores, se obtuvieron cuajados superiores al nivel óptimo, independientemente del tipo de polen (GODINI *et al.*, 1994).

Finalmente (cuadro 11), al final de la comparación de 11 años en secano, la producción acumulada de pepita de cuatro cultivares autocompatibles de la Apulia fue casi el doble que la obtenida en un número igual de cultivares autoincompatibles (GODINI y PALASCIANO, 1997).

Cuadro 10. Cuajado después de la polinización manual (autopolinización y polinización cruzada) del 100% de las flores de 4 cultivares autocompatibles de la Apulia
Table 10. Fruit set by hand self- and cross- pollination of 100% flowers of 4 Apulian self-fertile almonds

Cultivar	Cuajado (%) después de polinización manual	
	Autopolinización	Polinización cruzada
Calò	31,8	37,8
Filippo Ceo	50,7	51,3
Genco	38,9	46,4
Tuono	30,6	31,0
Media	38,0	41,6

Fuente: GODINI, DE PALMA y PALASCIANO, 1994.

Cuadro 11. Producción acumulada relativa de pepita de almendros autocompatibles y autoincompatibles a lo largo de 11 años (1984/94)
Table 11. Kernel cumulative relative yield by self-fertile and self-sterile almonds throughout eleven years (1984/94)

Comportamiento biológico	Cultivar	Producción relativa acumulada (%)
Autocompatible	Falsa barese	136
	Genco	178
	Scorza verde	175
	Tuono	146
Autoincompatible	Cristomorto	104
	Ferragnès*	100
	Mission	89
	Nonpareil	50
Autocompatible	Media	185
Autoincompatible		100

(*) ‘Ferragnès’, cultivar de referencia.
Fuente: GODINI y PALASCIANO, 1997, revisado.

Conclusiones

El cuajado óptimo en el almendro puede definirse entre el 25 y el 40%, dependiendo de la densidad floral del cultivar. El movimiento de las ramas florales por el viento resultó incapaz de asegurar una polinización suficiente para alcanzar un cuajado óptimo; en efecto, la autopolinización libre produjo cuajados cercanos al 10% y, por lo tanto, insatisfactorios desde el punto de vista agronómico. Sin embargo, un cuajado del 10% significa también varios cientos de frutos por árbol: quizás un número suficiente para obtener una cosecha satisfactoria en el caso de los otros frutales de hueso, de pepita o cítricos, pero no en el caso del almendro, en el cual se necesitan varios miles de frutos por árbol.

En nuestros estudios, la imitación de la actividad de las abejas por la polinización manual ha producido cuajados incluso superiores a los niveles óptimos. Este hecho sugiere que la función de las abejas y de los otros vectores silvestres no es en general sólo la del transporte del polen, sino también la de ejercer un efecto de restregar o, en cualquier caso, de proporcionar un íntimo contacto entre los granos de polen y las papilas del estigma, favoreciendo así la retención y la germinación de los granos. Los estudios realizados han demostrado que los almendros autocompatibles de la Apulia pueden cultivarse en bloques compactos sin la necesidad de la polinización cruzada, siempre y cuando se disponga de adecuados vectores que aseguren la óptima autopolinización/autofecundación dentro de la misma flor, entre flores diferentes del mismo árbol, o diferentes árboles del mismo cultivar.

Bibliografía

- ALMEIDA C.R.M. de. 1945. Acerca de improductividade na amendoeira. An. Ist. Sup. Agron. Lisboa 15: 1-186.
- CARRANTE V. 1968. Aspetti nuovi della mandorlicoltura. Bari Econ. 6-8.
- CICCARONE A. 1974. Prima che l'ultimo mandorlo sia abbattuto. G. Agric. 15/9.
- CRESCIMANNO F.G. 1960. Ricerche sulla biologia florale di alcune cultivar di mandorlo premici coltivate in Sicilia. Riv. Ortoflorofrutt. Ital. 44(1/2): 13-22.
- D'AMATI N. 1966. Aspetti della mandorlicoltura pugliese. Agricoltura 4.
- EAST E.M., MANGELSDORF A. 1925. A new interpretation of the hereditary behavior of self-sterile plants. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 11(2): 166-171.
- EGEA J., DICIENTA F., BERENGUER T., GARCÍA J.E. 2000. Antoñeta and Marta almonds. HortScience 35 (7): 1358-1359.
- FANELLI L. 1939. Varietà pugliesi di mandorle. Ed. Favia. Bari-Roma.
- FELIPE A., SOCIAS I COMPANY R. 1977. Prima segnalazione di un mandorlo selvatico, probabilmente *Amygdalus webbii*, in Spagna. III Coll. GREMPA. Bari, 3-7 Octubre, 145-148.
- FELIPE A., SOCIAS I COMPANY R. 1988. Trois variétés autocompatibles d'amandier provenant d'un programme de sélection ed d'amélioration. VII Coll. GREMPA. Rap. EUR 11557: 123-130.
- GIOVANNARDI-PANTANELLI E. 1940. La data di fioritura del mandorlo in rapporto all'andamento meteorico. Stab. Tip. Ved. Trizio. Bari.
- GODINI A. 1974. Mandorlicoltura alla deriva: proposti rimedi agronomici. Circ. Inf. Soc.ortic. Ital. 3.
- GODINI A. 1975. Il mandorlo in Puglia: panorama della situazione varietale. Notiz. Ortoflorofruttic. 6.
- GODINI A. 1977a. Un quadriennio di ricerche sulle cause della improduttività dei mandorleti baresi. III Coll. GREMPA. Bari, 3-7 Octubre, 67-86.
- GODINI A. 1977b. Contributo alla conoscenza delle cultivar di mandorlo (*P. amygdalus* Batsch) della Puglia: 2) Un quadriennio di ricerche sull'autocom-

- patibilità. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7 Ottobre, 203-217.
- GODINI A. 1979. Ipotesi sulla comparsa dell'autocompatibilità nel mandorlo. Riv. Sci. Tecn. Agrar. 19(2-3): 3-10.
- GODINI A. 1983a. Hull, shell and kernel relationships in almond fresh fruits. V Coll. GREMPA, Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 53-56.
- GODINI A. 1983b. The influence of the fresh pericarp on the kernel production in almond. V Coll. GREMPA, Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 57-61.
- GODINI A., PALASCIANO M. 1998. Growth and yield of four self-fruitful and four self-unfruitful almonds onto three rootstocks: a thirteen year study. Acta Hort. 470: 200-207.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1992. The ratio "sun dried kernel/whole fresh fruit" in almond: comparison among three groups of cultivar with shelling below 30%, between 40-50% and above 60%. VIII Coll. GREMPA, Rap. EUR 14081: 189-192.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1992a. Sur l'autocompatibilité de quelques cultivars amers parmi la population d'amandiers des Pouilles. VIII Coll. GREMPA, Rap. EUR 14081: 19-25.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1992b. Allegagione e produzione da libera impollinazione in cultivar autofertili ed autosterili di mandorlo. Congresso Germoplasma Frutticolo, Salvaguardia e Valorizzazione delle Risorse Genetiche, Alghero, 21-25 Settembre 1992.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1992c. Role of self-pollination and reciprocal stigma/anthers position on fruit set of eight self-compatible almonds. HortScience 27: 887-889.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1994. Self-fertile almonds and fruit set by optimized self- and cross-pollination. Acta Hort. 373: 157-160.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M., MONACO R. 1991. Quantificazione dell'efficacia della api sull'allegagione del mandorlo. Frutticoltura, 4.
- GRASSELLY C. 1977. Considerazioni sulle caratteristiche di alcune specie selvatiche di mandorlo e sulle loro possibilità di utilizzazione in programmi di miglioramento genetico. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7 Ottobre, 135-144.
- GRASSELLY C., CROSSA RAYNAUD P. 1980. L'amandier. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris. XII + 446 pp.
- GRASSELLY C., OLIVIER G. 1976. Mise en évidence de quelques types autocompatibles parmi les cultivars d'amandier (*P. amygdalus* Batsch) de la population des Pouilles. Ann. Amélior. Plant. 26(1): 107-113.
- GRASSELLY C., OLIVIER G., NIBOUCHE A. 1992. Le caractère "autocompatibilité" de l'amandier dans le programme de l'I.N.R.A. VIII Coll. GREMPA, Rap. EUR 14081: 9-17.
- JAOUANI A. 1973. Etude de l'autocompatibilité de la variété "Mazzetto". Activ. Lab. Arboric. Fruit., INRAT (En: Grasselly y Olivier, 1976).
- KESTER D.E., ASAY R. 1975. Almonds. En: J.Janick y J.N.Moore (Ed.). Advances in fruit breeding. Purdue Univ. Press, West Lafayette (IN), pp. 387-419.
- KESTER D.E., GRIGGS W.H. 1959. Fruit setting in the almond: the effect of cross-pollinating various percentages of flowers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 74: 206-213.
- KUMAR K., KUMAR U. 2000. Evidence of self-compatibility in indigenous almond (*Prunus dulcis* (Miller) D.A.Webb.) selections from India. J. Amer. Pomol. Soc. 54(2): 68-71.
- LUTRI I. 1935. Indagini sull'autosterilità e sull'autoferilità del mandorlo. Ital. Agric. 72(2): 139-155.
- MONASTRA F., DELLA STRADA G., FIDEGHELLI C., QUARTA R. 1987. Mandorlo "Supernova". Agricoltura e Ricerca.
- MOULTON K.S. 1996. Marketing. En: Almond production manual. Univ. Calif. Publ. 3364, pp. 3-8.
- PALASCIANO M., GODINI A. 1999. Garibaldina, an old and interesting self-fruitful Apulian almond. XI Coll. GREMPA, Sanliurfa, 1-4 Settembre, 89.
- PALMA (DE) L., GODINI A. 1994. Stigma/anthers spatial relationship in self-fertile and self-sterile almonds. Acta Hort. 373: 161-165.
- PASTORE R. 1932. Contributo allo studio del mandorlo in terra di Bari. Ed. G.Favia, Bari.
- PASTORE R. 1954. La coltivazione del mandorlo. Ed Vallecchi, Firenze.
- REINA A., GIORGIO V., GODINI A. 1986. Cultivar auto-compatibili nella popolazione pugliese di mandorlo. Frutticoltura 48(12): 61-63.

- SOCIAS I COMPANY R. 1992. Où sommes nous dans l'amélioration génétique pour l'amandier? VIII Coll. GREMPA. Rap. EUR 14081: 27-48.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A. 1977. Ereditabilità dell'autocompatibilità nel mandorlo. III Coll. GREMPA. Bari, 3-7 Ottobre, 221-223.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1999. Recent advances in breeding for autogamy in almond. XI Coll. GREMPA Meeting, Sanliurfa, 1-4 Septiembre, 11.
- TUFTS W.P. 1919. Almond pollination. Calif. Agric. Sta. Bull., 306, 32 pp.
- VARGAS GARCIA F.J., ROMERO ROMERO M.A. 1994. Masbovera, Glorieta and Francolí, three new almond varieties from IRTA. Acta Hort., 373: 75-80.
- VASILAKAKIS M.D., PORLINGIS J.C. 1984. Self-compatibility in "Truoto" almond and effect of temperature on selfed and crossed pollen tube growth. Hort Science, 19: 659-661.
- VIVARELLI L. 1933. Il Mandorlo. R.E.D.A., Roma.
- WEINBAUM S.A. 1985. Role of natural self-pollination in self fruitfulness of almond. Scientia Hort., 27(3/4): 295-302.
- WEINBAUM S.A., POLITO V.S., KESTER D.E. 1986. Pollen retention following natural self pollination in peach, almond and peach x almond hybrids. Euphytica 35: 193-200.
- ZITO F. 1966. Aspetti e problemi della mandorlicoltura italiana. Agricoltura, 4.

EL CULTIVO DEL PISTACHERO EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA

N. Kaska

Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Suteu Imam University, Kahramanmaras, Turquía

RESUMEN

El énfasis que se da al pistachero en los países del área mediterránea está aumentando gradualmente. La producción se ha incrementado rápidamente durante las dos últimas décadas porque han aumentado tanto el rendimiento por hectárea como la superficie dedicada al cultivo. La existencia de especies silvestres de *Pistacia*, la ecología adecuada, y las posibilidades de injerto, de polinización cruzada y de fecundación inter e intraespecíficos son signos positivos de las posibilidades del cultivo del pistachero en esta zona. Por otro lado, la resistencia extrema a la sequía de *Pistacia* spp. permite a los agricultores de tierras áridas y semiáridas cultivar este frutal sin riego. Pueden verse buenos ejemplos de este esquema productivo en Anatolia del SE, Siria, Tunisia, etc. Sin embargo, hay problemas serios a resolver en la propagación, la polinización, la vecería, el pelado, la abertura de la cáscara, las necesidades en frío y en horas-grado de calor, etc., para una producción eficaz de este valioso fruto seco.

Palabras clave: Pistachero, Cultivo, Mediterráneo, Resistencia a la sequía.

SUMMARY

PISTACHIO NUT GROWING IN THE MEDITERRANEAN BASIN

The emphasis given to pistachio nuts by the Mediterranean basin countries is gradually increasing. While the production has increased rapidly during the last two decades, both the yield and the area devoted to pistachio nut have increased as well. The existence of wild species of *Pistacia*, suitability of the ecology, and possibilities of inter and intra specific buddings and cross pollinations and fertilizations are good signs of the possibilities of pistachio nut growing in this area. On the other hand, extreme drought resistance of *Pistacia* spp. enables the farmers of arid and semi-arid lands to grow this nut without irrigation. Good examples in this frame can be seen in the South-East Anatolia, Syria, Tunisia, etc. However, there are serious problems to be solved in propagation, pollination, alternate bearing, dehulling, splitting, chilling and growing degree hours, etc., for a successful production of this valuable nut.

Key words: Pistachio, Growing, Mediterranean, Drought resistance.

Introducción

En el mundo, el pistachero se cultiva principalmente entre los paralelos 30 y 45 de los

hemisferios norte y sur y en algunas áreas microclimáticas en distintos continentes en las cuales las ecologías son similares a las de las principales regiones de cultivo del pistachero.

Pistacia vera, L. es el progenitor silvestre del pistachero cultivado y la base genética silvestre primaria del cultivo. La distribución del *P. vera* silvestre se centra en Tadjikistán, Kirghizistán, Irán del NE, Afganistán y se extiende a Turkmenistán (ZOHARY, 1996). Según SHEIBANI (1996), se originó en Asia central entre los confines de Afganistán, la antigua URSS e Irán del NE. En esta región hay bosques silvestres de *P. vera* en Sarakhs. El nombre *Pistacia* deriva del nombre persa "pisteh" o "pesteh". El pistachero se cultivaba hace ya 3-4 miles de años en Irán y Turquía y se introdujo en los países de la cuenca Mediterránea a través de Anatolia y Siria aproximadamente al principio de la era cristiana (CRANE, 1978).

P. vera es frecuentemente un elemento dominante en la cubierta vegetal nativa, medrando en ambientes secos (bosques esteparios, estepas) y en cultivo de "parques forestales de *Pistacia*". Según Zaprygaeva y Browicz (ZOHARY, 1996), estos grupos silvestres son aparentemente más comunes en Tadjikistán.

En la cuenca Mediterránea, las especies más ampliamente distribuidas son *P. atlantica* y *P. terebinthus*. En contraste con *P. atlantica*, *P. terebinthus* ocupa mayoritariamente la orilla septentrional de la cuenca Mediterránea. *P. khinjuk* se distribuye en Turquía del SE, norte de Siria, norte de Iraq, sur de Irán, Beluchistán y este de Afganistán (ZOHARY, 1996). En Oriente Medio se puede encontrar esporádicamente distribuido en Jordania, el Hégaz (península de Arabia), sur del Sinaí y el desierto oriental de Egipto. En estas regiones puede verse junto con *P. atlantica*.

Como se ve, la cuenca Mediterránea es rica de *Pistacia* spp. Ya que la única especie comercial, *P. vera*, puede injertarse con éxito sobre otros *Pistacia* spp. y puede poli-

nizarse con cualquier otro *Pistacia* spp., se ha distribuido en casi todas partes en estas zonas. Por lo tanto, el pistachero hoy se ha convertido en un producto valioso para los países de la cuenca Mediterránea. Como es una planta resistente a la sequía, en los países en los que la precipitación anual es baja (incluso muy baja) puede ser el único cultivo posible. Sin embargo, bajo estas condiciones adversas, el ritmo de crecimiento del árbol es muy bajo, el número de árboles por unidad de superficie es reducido debido a la competición por agua y nutrientes, la edad al injerto es elevada y el período de juvenilidad largo.

Hay todavía problemas en la propagación, la supervivencia de los árboles en las plantaciones, la polinización, la vecería, la recolección, el pelado, la abertura de la cáscara, plagas, enfermedades, etc. A pesar de estos problemas, el área dedicada al pistachero, el rendimiento y la producción han aumentado considerablemente en los países de la cuenca Mediterránea y en el mundo. Aparte de los países de origen del pistachero, algunos países como España, Madagascar, Méjico y Uzbekistán (SULTANOV y CHERNOVA, 1999) empezaron a mostrar un gran interés en el cultivo del pistachero. Aunque es árbol de suelos pobres, pedregosos y calizos y de condiciones de sequía, ofrece resultados excelentes en suelos ricos con riego, una fertilización correcta, un manejo moderno de la plantación, sistemas modernos de recolección, pelado, almacenaje, etc.

Producción de pistacho en la cuenca Mediterránea y en el mundo

Durante las dos últimas décadas la producción de pistacho se ha incrementado en

Cuadro 1. Producción de pistachos en los países de la cuenca mediterránea y en el mundo (Tm)

Table 1. Pistachio nut production in the Mediterranean basin countries and in the world (Tm)

Países	Años y porcentajes									
	1980	%	1985	%	1990	%	1995	%	2000	%
Chipre	3		10		20		30		18	-
Grecia	2.514	3,3	4.067	2,1	3.439	1,3	5.591	1,4	6.500	1,6
Italia	1.560	2,1	2.000	1,0	200	0,1	2.200	0,6	2.649	0,6
Marruecos					50		50		50	-
Siria	7.814	10,3	12.028	6,3	13.000	4,8	14.538	3,7	33.000	8,0
Tunisia	50	0,1	120	0,1	600	0,2	900	0,2	1.200	0,3
Turquía	7.500	9,9	35.000	18,3	14.000	5,1	36.000	9,2	40.000	9,7
Total Mediterráneo	19.491	25,6	53.225	27,8	31.309	11,5	59.309	15,1	83.417	20,3
Afganistán	3.200	4,2	2.200	1,6	2.000	0,7	1.600	0,4	1.600	0,4
China	18.000	23,7	19.000	9,9	22.000	8,1	25.000	6,3	32.000	7,8
Irán	23.000	30,3	104.657	54,6	162.831	59,6	238.778	60,9	200.000	48,6
Madagascar					250	0,1	260	0,1	160	-
Mauricio					10		15		5	-
Méjico			13				15		60	-
Pakistán	90	0,1	222	0,1	250	0,1	200	0,1	250	-
U S A	12.247	16,1	12.290	6,4	54.430	19,9	67.130	17,1	94.170	22,9
Total mundial	76.028	100,0	191.607	100,0	273.080	100,0	392.307	100,0	411.662	100,0

Fuente: FAO web page.

el mundo 5,4 veces. En este aumento son especialmente importantes las contribuciones de Irán y los Estados Unidos porque la producción en Irán ha aumentado 8,7 veces y en USA 7,8 veces. Igualmente las producciones han aumentado marcadamente en Turquía (5,3 veces), Siria (4,2 veces), China (1,8 veces), Tunisia (2,4 veces), Grecia (2,6 veces) e Italia (1,7 veces) (cuadro 1). Por otro lado, vemos aumentos similares en las superficies de pistachero, pero no con incrementos tan altos como los de producción (cuadro 2). Por ejemplo, durante las dos últimas décadas la superficie dedicada al pistachero en el mundo sólo ha aumentado 2,1 veces. Los aumentos en superficie tuvieron lugar en Irán (2,1 veces), Tunisia (5 veces), Turquía (16 veces) y USA (2,8 veces) (cuadro 3). En casi todos estos países las superficies de pistachero están en expansión. En Irán y USA hay más de 70.000 ha sin entrar en producción (SHEIBANI, 1994; ALBISU, 1996). En Turquía y Siria hay respectivamente más de 18 y 12 millones de árboles sin entrar en producción (TEKIN *et al.*, 2001; AL-NABALSI, 1995). Como estos árboles están en secano, su producción tardará en llegar. Aunque la estimación de la producción mundial de ALBISU (1996) era de entre 300-350 miles de toneladas en 2001, ya ha alcanzado 400-500 miles de toneladas. Mi estimación es que estas cifras subirán hasta 600-700 miles de toneladas dentro de 5 años.

Si se estudian los rendimientos puede verse que hay fuertes aumentos en todas partes (cuadro 3). Durante los últimos 20 años, los rendimientos aumentaron 2,7 veces en USA, 3,4 veces en Turquía, 47,8 veces en Tunisia, 4 veces en Siria, 4,2 veces en Irán, etc. Estas cifras muestran que hay un importante desarrollo en la producción de pistacho en diferentes países.

Propagación

En los países de la cuenca Mediterránea la propagación del pistachero es todavía problemática. Hay varios ensayos para la producción de plantones y especialmente para el injerto. En secano, el ritmo de crecimiento de los plantones es muy lento, así que se tarda mucho en alcanzar el grosor necesario para el injerto. Ello es especialmente cierto cuando los plantones se cultivan en contenedores. Por ello, en Oriente Medio, los agricultores de secano prefieren plantar los plantones en sus campos y esperar varios años para injertarlos. En Anatolia sudoriental podemos ver hectáreas de plantaciones de 5-10 años esperando su injertado (KASKA, 1990). Problemas similares existen en Irán y Siria. Sin embargo, como las plantaciones se riegan en Irán, no se tarda tanto en alcanzar el estado de injerto de los plantones como en Turquía y Siria. En Turquía hay varias líneas de investigación para encontrar patrones *Pistacia* de crecimiento rápido. Se han obtenido resultados satisfactorios con *P. atlantica* y *P. khinjuk* (KAFKAS y KASKA, 1998a,b; VARGAS *et al.*, 1998). Ni *P. integerrima* ni UCB-1 han dado resultados satisfactorios en Anatolia sudoriental. A este respecto hay trabajos intensivos en Adana y Gaziantep para la hibridación de especies seleccionadas de *Pistacia* (KAFKAS, 1995; ATLI, 2001). Bajo las condiciones ecológicas de Anatolia sudoriental, el injerto de chip es bastante eficaz, pero los agricultores todavía utilizan el injerto de escudete (NIKPEYMA *et al.*, 1998; ARPACI *et al.*, 1998). El injerto de chip es también muy eficaz para el sobreinjerto sobre *P. terebinthus* (CAGLAR y KASKA, 1995). En Irán se utiliza el injerto de chapa (SHEIBANI, 1994) y en Siria el de escudete (AL-ATTAR, 1990; HADI-HASSAN y KARDOUCH, 1995). En las condiciones ecológi-

Cuadro 2. Superficie de pistachero en los países de la cuenca mediterránea y en el mundo (ha)
Table 2. Pistachio nut area in the Mediterranean basin countries and in the world (ha)

Países	Años y porcentajes									
	1980	%	1985	%	1990	%	1995	%	2000	%
Chipre	55	-	80	-	145	0,1	200	0,1	200	0,1
Grecia	-	-	3.650	1,9	3.840	1,4	4.900	1,4	5.112	1,4
Italia	-	-	3.300	1,7	3.672	1,3	3.500	1,0	3.602	1,0
Marruecos										
Siria	18.721	10,8	7.400	3,9	14.900	5,4	15.000	4,7	20.000	5,4
Tunisia	4.400	2,5	11.000	5,7	27.703	10,1	39.000	10,8	22.000	6,0
Turquía	23.071	13,3	28.857	13,5	29.121	10,6	34.071	9,4	36.200	9,8
Total Mediterráneo	46.280	20,6	51.302	26,8	79.396	28,9	98.486	27,3	87.114	23,7
Afganistán	4.500	2,6	3.700	1,9	2.700	1,0	2.700	0,8	2.700	0,7
China			16.000	8,4	16.400	6,0	16.600	4,6	17.000	4,6
Irán	112.000	64,5	107.371	56,1	154.276	56,1	218.000	60,4	230.000	62,4
Madagascar					500	-	500	-	510	-
Mauricio										
Méjico			27	-			80	-	120	-
Pakistán	64	-	79	-	81	-	95	-	120	-
U S A	10.930	6,3	13.070	6,8	21.730	7,9	24.400	6,8	31.000	8,4
Total mundial	173.774	100,0	191.549	100,0	275.068	100,0	359.046	100,0	368.564	100,0

Fuente: FAO web page.

Cuadro 3. Producciones de pistacho en los países de la cuenca mediterránea y en el mundo
(kg/ha; porcentaje sobre la media mundial = 100)

Table 3. Pistachio nut yields in the Mediterranean basin countries and in the world (kg/ha; percentage of the world average yield = 100)

Países	Años y porcentajes									
	1980	%	1985	%	1990	%	1995	%	2000	%
Chipre			125.0	12.6	137.9	13.9	150.0	13.9	900.0	80.6
Grecia			1.114,2	112,6	895,6	90,2	1.141,0	105,4	1.271,5	113,8
Italia			606,1	61,2	54,5	5,5	628,5	58,0	735,4	65,8
Marruecos										
Siria	414,9	95,3	1.625,4	164,2	872,4	87,9	865,4	79,9	1.650,0	147,7
Tunisia	11,4	2,6	10,9	1,1	26,4	2,7	23,0	2,1	545,0	48,8
Turquía	325,0	74,3	1.353,6	136,7	480,8	48,4	1.056,6	97,6	1.105,0	98,9
Afganistán	711,1		594,6	60,1	740,7	74,6	592,6	54,7	592,6	53,1
China	-	-	1.187,5	119,9	1.341,5	135,1	1.500,0	150,0	1.882,4	168,5
Irán	205,4	46,9	974,7	98,5	1.055,4	106,3	1.095,3	101,2	869,6	77,9
Madagascar					500,0	50,4	520,0	48,0	313,7	28,1
Mauricio										
Méjico			481,5	48,6			187,5		500,0	44,7
Pakistán	1.406,2	321,4	2.810,1	283,8	3.086,4	310,8	2.105,3	194,4	2.083,3	186,5
U S A	1.120,5	256,1	940,3	94,9	2.504,8	252,3	2.751,2	254,1	3.037,7	271,9
Mundial	437,5	100,0	990,0	100,0	992,8	100,0	1.082,9	100,0	1.116,9	100,0

Fuente: FAO web page.

cas de Tunisia, la producción de plantones de *P. vera* y su injertado (escudete) parecen dar resultados satisfactorios. Esta puede ser una de las razones principales para el aumento bastante rápido de la superficie de pistachero en Tunisia en comparación con los otros países del norte de África (MLIKA, 1990). Los trabajos sobre micropropagación del pistachero en Tunisia e Irán todavía están en marcha (CHATIBI *et al.*, 1995; 1998a,b; SHEIBANI, 1995; GHORBANI, 1999).

El riego es una buena solución para producir plantones, pero el injerto es todavía un problema complicado. En todos los países de Oriente Medio se necesitan investigaciones para una propagación fácil y rápida del pistachero.

Necesidades en frío y en calor

Para cultivar el pistachero en las zonas costeras, especialmente de la orilla sur de la cuenca Mediterránea (Norte de África), se requieren cultivares de pocas necesidades en frío. Se ha señalado que 'Kerman' requiere alrededor de 1000 horas de frío (CRANE y TAKEDA, 1979; MARANTO y CRANE, 1982). Los cultivares de Irán y la mayoría de Turquía y Siria se consideran de altas necesidades en frío. Estos cultivares de altas necesidades en frío no pueden ser productivos en las zonas Mediterráneas de invierno templado. Por otro lado, para la maduración de los frutos, el llenado de las pepitas y la abertura de la cáscara se requieren ciertas horas-grado de calor.

En un ensayo KUDEN *et al.* (1995a) calcularon las horas de frío bajo 7,2 °C, unidades de frío ("chill units", cu) y las horas-grado de calor (GDH) de dos machos y un cultivar iraní ('Ohadi') y cuatro turcos

('Uzun', 'Siirt', 'Kırmızı' y 'Halebi'). Los resultados mostraron que 'Ohadi' tiene las mayores necesidades en frío (1.050 horas y 900 cu) y calor (11.500 GDH). 'Uzun' fue el de menores necesidades en frío (600 horas y 550 cu) y calor (10.700 GDH).

Para decidir el establecimiento de una plantación de pistachero en cualquier localidad de la cuenca Mediterránea o la elección de un cultivar para un determinado lugar, se deben calcular las horas de frío y de calor en el mismo. Como hay cambios a lo largo de los años se recomienda que se repitan estos cálculos durante un período largo.

Si las horas de frío no son suficientes en una localidad, se pueden utilizar agentes de ruptura de la latencia. En un experimento KUDEN *et al.* (1995b) ensayaron estos agentes (1% Armobreak, 1% y 2% Dormex, 2% KNO₃) después del invierno suave de 1993-94 en Adana, Turquía. En este invierno las unidades de frío fueron 230 cu, de ahí que hubiera una falta de frío. Se encontró que los tres compuestos fueron eficaces en la ruptura de la latencia de 'Siirt', 'Ohadi' y 'Antep' cuando se aplicaron 4 semanas antes de la floración.

Se pueden considerar como cultivares de bajas necesidades en frío 'Uzun', 'Halebi', 'Siirt', 'Macho-1' (KUDEN *et al.*, 1995b), 'Aegina', 'Ajamy', 'Sfax', 'Batoury', 'Red Aleppo' (hembras), B, C, M-502, 'Peters', M-38, M-P3, 'Enk' y 'Naz' (machos) (VARGAS *et al.*, 1997).

Sistemas de plantación

En regiones secas las distancias entre filas y dentro de las filas son muy grandes debido a la competencia por el agua (MLIKA, 1990; AK *et al.*, 1995; ARPACI y

ATLI, 1995). Bajo riego estas distancias se reducen. A este respecto Irán es un buen ejemplo. Los agricultores iraníes establecen sus plantaciones de pistachero (especialmente en la región de Rafsanján) en muy alta densidad (SHEIBANI, 1994). Así las distancias en las filas son 30-50 cm y entre filas de alrededor 4-5 m. La altura de los árboles es de unos 2 m.

Recientemente en Turquía se han empezado ensayos sobre plantaciones de alta densidad en Ceylanpinar State Farm, la llanura de Harran, Gaziantep y Kahramanmaraş (ARPACI *et al.*, 1995; AK *et al.*, 1999; KASKA, 1999). Estos ensayos se llevan a cabo con riego localizado. En uno de estos ensayos se estudian las interacciones cultivar x patrón (KASKA *et al.*, 2001). Los resultados son muy satisfactorios. Después de cuatro años desde la plantación y tres desde el injerto empezó la fructificación, especialmente en 'Siirt' y 'Ohadi'.

Riego

Aunque los árboles de pistachero son muy resistentes a las condiciones de sequía, en secano el período de juvenilidad es largo, la producción es baja, la calidad (tamaño, llenado de las pepitas, apertura, etc.) es deficiente, la vecería es acusada y el número de árboles por unidad de superficie es muy bajo. Bajo riego todos estos aspectos negativos se convierten en positivos. Ensayos en Irán y USA han mostrado que el riego es un factor muy importante para obtener producciones elevadas y regulares de buena calidad (KASKA, 1995). En Turquía, ensayos de riego han mostrado que el período de juvenilidad se acorta a 3 o 4 años (KASKA, 1999a, b; KASKA y NIKPEYMA, 1999; KASKA *et al.*, 2001). La zona de riego GAP de la

llanura de Harran empezó hace 5 años. Con este proyecto, 1.7 millones de hectáreas se regarán con agua de la presa Atatürk que llega a través de los dos túneles de Urfa de 26 km de longitud. Se espera que las producciones turcas de pistachio se doblen cuando se complete el proyecto de riego. Sin embargo, en estas zonas cálidas no se deben olvidar los problemas de salinidad (FERGUSON *et al.*, 1999).

Polinización

Las especies de *Pistacia* son dioicas y la época de floración de los árboles macho y hembra puede variar. Por lo tanto, la polinización y la fecundación de *Pistacia* spp. son problemáticas y se debe dedicar un énfasis especial a la resolución de este problema. El mayor esfuerzo en esta área debería concentrarse en obtener cultivares hermafroditas o monoicos de pistachero. Una vez OZBEK y AYFER (1958) señalaron que habían encontrado un *Pistacia* hermafrodita en las cercanías de Gaziantep en Turquía. Pero desgraciadamente este árbol ahora se ha perdido. Recientemente Kafkas, después de encontrar árboles extraños de *P. atlantica* Desf. en la provincia de Manisa, Turquía (KAFKAS *et al.*, 2000) ha empezado un programa de cruzamientos interespecíficos entre estos *P. atlantica* monoicos y *P. vera* para obtener *P. vera* monoicos.

P. vera es similar a las otras especies de *Pistacia* en la distribución de sexos y la polinización. Actualmente, para superar el problema de la polinización, se deben encontrar árboles machos adecuados para cada uno de los cultivares hembra comerciales.

En casi todos los países de cultivo del pistachero se han realizado selecciones de los árboles machos adecuados (ATLI *et al.*, 1995; AK *et al.*, 1998) y hoy puede verse que hay un polinizador adecuado para cada cultivar. Al seleccionar los machos se debe considerar la regularidad en la floración, la sincronización de la floración macho y hembra, la capacidad de producción de polen, la viabilidad del polen y su porcentaje de germinación.

Al establecer una plantación en zonas áridas se debe plantar al menos un macho por ocho hembras. Para los machos se deben elegir patrones vigorosos (como *P. khinjuk* y *P. atlantica*). Si el macho se injerta sobre un patrón débil los árboles se quedan enanos y la polinización puede ser deficiente.

Durante la época de floración, tanto de machos como de hembras, no se desea lluvia porque lava los estigmas y las anteras. Igualmente no se deben introducir colmenas en las plantaciones de pistachero porque las abejas se llevan el polen a las colmenas.

En zonas áridas las distancias entre árboles son bastante amplias, como en Tunisia (10 x 10, 12 x 12 o incluso 14 x 14 m; MLIKA, 1990). Por otro lado, debido a los cambios climáticos, en algunos años (como 2001 en Turquía), incluso machos selectos pueden florecer mucho antes que las hembras (protandria). En estos casos debe realizarse una polinización artificial. En pequeñas explotaciones familiares los agricultores deben recoger el polen cuando florecen los machos y guardarlo en una nevera. En el momento de la aplicación se mezcla con harina seca y tamizada en una proporción de 1 o 0,5 a 1 y cuando las hembras están receptivas puede espolvorearse sobre los racimos florales. Esta aplicación debe repetirse al menos 2-3 días consecutivos.

En grandes plantaciones la polinización artificial puede realizarse con atomizadores (ACAR y AK, 1998), helicópteros o incluso avionetas.

En la polinización artificial puede también usarse polen de otros *Pistacia* spp. El polen puede recogerse de lugares más cálidos, ponerse en desecadores y almacenarse en congeladores. Utilizamos con éxito esta polinización artificial especialmente en plantaciones de *P. terebinthus* reinjertados (CAGLAR y KASKA, 1995). VAKNIN *et al.* (1999) probaron en un ensayo fuerzas electrostáticas como método de polinización suplementaria en plantaciones de pistachero en California. Encontraron que jóvenes árboles hembras tratados electrostáticamente produjeron un 16,2% más frutos por racimo.

Vecería

La vecería es común en el pistachero. Muchos cultivares de Turquía, Siria, Italia, Tunisia, Grecia, etc., poseen este carácter fisiológico indeseable. En estos cultivares la vecería es muy fuerte. Ello significa que el árbol está lleno de frutos los años "on" y sin frutos los años "off". Ello puede verse fácilmente en la estadística de producción de pistachos (cuadro 1). Hay razones genéticas, culturales y fisiológicas para la vecería. Aunque para superar este desorden se pueden tomar algunas medidas, como aclareo de flores y frutos, poda, etc., la mejor solución es, especialmente al establecer la plantación, elegir cultivares de producción regular o árboles individuales de un cultivar que no muestren vecería o algunos cultivares que muestren "vecería relativa".

En un ensayo AK (1998) estudió la producción de 40 árboles selectos de 'Siirt' durante 8 años. Encontró que algunos árboles mostraron "vecería relativa", algunos otros fuerte vecería y especialmente

tres (números 33, 36 y 37) resultaron productores regulares. Estos árboles se cultivan en secano y han dado producciones regulares durante seis años consecutivos (cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de árboles selectos de 'Siirt' durante 8 años consecutivos (kg/árbol) (AK, 1998)

Table 4. Yield of selected 'Siirt' trees during 8 consecutive years (kg/tree) (AK, 1998)

Árbol n.º	Año								A	B	C
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996			
01	0.0	23.0	0.0	21.0	0.0	23.0	0.0	30.0	97.0	12.13	412.66
10	8.0	4.8	12.0	4.0	24.0	0.0	7.0	0.0	59.8	7.48	286.58
33	-	-	9.0	7.0	32.0	30.0	32.0	42.0	152.0	25.33	619.14
36	-	-	18.0	7.0	48.0	4.0	36.0	25.0	138.8	23.13	316.63
37	-	-	29.0	26.0	49.0	25.0	25.0	10.0	164.0	27.33	342.82

(A) Producción acumulada (kg).

(B) Producción media (kg).

(C) Producción/sección de tronco (g/cm²).

Juvenilidad

En la filosofía de la fruticultura moderna se desean cultivares con una juvenilidad corta. Sin embargo, en casi todos los frutales hay cultivares con juvenilidad corta o larga. A este respecto el pistachero no es una excepción. Por ello se recomienda a los agricultores cultivares de producción precoz para las nuevas plantaciones. Ensayos con 31 hembras y 24 machos realizados en IRTA-Mas Bové (VARGAS *et al.*, 1997) revelaron que entre los cultivares ensayados, 'Ghiandolara', 'Kerman', 'Sfax', 'Batoury', 'Aegina', 'El Guetar', 'Iraq', 'Joley' y 'Lar-

naka' tienen una juvenilidad corta. En ensayos realizados en Turquía (CAGLAR y KASKA, 1995), 'Siirt' y 'Ohadi' injertados a chip al principio de la primavera sobre *P. terebinthus* fructificaron a los dos años del injerto.

En zonas áridas con una precipitación baja el crecimiento de los plantones es muy lento y se requiere un largo período para poder realizar el injerto. Luego pasan unos años hasta entrar en producción, por lo que se tarda de 8 a 10 años después de la plantación en producir en los cultivares de juvenilidad corta y de 12 a 15 años en los de juvenilidad larga.

Recolección

La recogida de los pistachos es un proceso todavía tedioso y lento en casi todos los países productores excepto en USA. En las pequeñas plantaciones familiares puede recogerse manualmente pero en grandes explotaciones como Ceylanpınar y Rafsanján debe aplicarse la recolección mecanizada.

En este apartado se empezó recientemente un ensayo preliminar en Gaziantep (ATLI *et al.*, 1999). Se necesita una buena colaboración entre los países productores sobre la recolección mecanizada. Ello es especialmente importante en lugares con lluvias tempranas en otoño.

Procesado de los pistachos

Pelado

El pelado de los pistachos es importante para su calidad. El pelado temprano de los frutos les da una apariencia marfileña y aumenta su aspecto atractivo. El color de la cáscara en frutos pelados tarde y muy tarde es oscuro y negruzco y por lo tanto no es atractivo. En Turquía y Siria los frutos de la mayoría de los cultivares se recogen y secan al sol con sus mesocarpios rojos, pero 'Siirt' y 'Ohadi' se secan después del pelado (KASKA, 1995) porque el pelado de estos frutos es más fácil. En la mayoría de los países productores el pelado de los pistachos se realiza manualmente o con máquinas primitivas. Primero USA y después Irán (SHEIBANI, 1994) han resuelto el problema del pelado. Recientemente se trajo desde Irán una planta procesadora integrada (NAKHEINEJAD, 1999) a una cooperativa de Sanliurfa. Trabaja bien y los agricultores están satisfechos. En este sistema el fruto se trata con

cuidado y se usa una cantidad mínima de agua para lavar los frutos pelados. Se dispone del separado de pieles por aire forzado, presecado, tanque flotador con flujo de aire, rulo separador de fricción diferencial, separador por colores, máquina de púas para separar los frutos cerrados y calibrador.

Apertura

La abertura es una característica del cultivar. Los cultivares de Irán, USA y algunos de Turquía y Siria tienen porcentajes de abertura bastante altos (cuadro 5). Como los mercados prefieren frutos abiertos naturalmente, en las nuevas plantaciones son especialmente recomendados estos cultivares de abertura natural.

Como se ve en el cuadro, la mayoría de cultivares de Irán, 'Siirt' y los nuevos tipos seleccionados de Turquía, 'Ashoury' y 'White Jalab' de Siria y 'Kerman' de USA tienen más de un 85% de frutos naturalmente abiertos. La anchura de la apertura de los pistachos de Irán y USA es mayor que la de los de Turquía y Siria. Una apertura amplia sería una desventaja para la contaminación por aflatoxinas.

Tamaño del fruto

Los mercados demandan pistachos de gran tamaño. La mayoría de los cultivares de Irán como 'Kallehghouchi', 'Akbari', 'Ahmad Agai' etc., producen frutos de gran tamaño (cuadro 5). El americano 'Kerman', el turco 'Siirt' y el sirio 'Ashoury' también producen frutos de bastante gran tamaño. En Turquía recomendamos a los agricultores plantar estos cultivares de gran tamaño, pero casi todos los antiguos agricultores se aferran a sus propios cultivares clásicos porque les satisface el gusto y el color verde de las pepitas.

Cuadro 5. Porcentaje de frutos abiertos y peso medio del fruto en diferentes cultivares de pistachero de diverso origen

Table 5. Percentage of split nuts and average nut weight in different cultivars of pistachio of various origins

Origen	Cultivar	Apertura (%)	Número de frutos en 100 g	Contenido en grasa (%)
Irán (SHEIBANI, 1994)	Ghazvini	92,75	140,24	60,34
	Ohadi	87,90	98,55	56,26
	Kalleh Ghochi	90,94	78,02	54,12
	Ahmad Aghai	93,03	85,68	61,43
	Akbari	90,54	76,72	61,91
	Fandoghi Ghafuri	93,92	100,53	60,85
Turquía (TEKİN <i>et al.</i> , 2001)	Siirt	94,00	75,20*	56,70
	Selection-1	94,00	72,20*	—
	Selection-6	92,80	83,00*	—
	Selection-10	91,10	64,30*	—
	Selection-14	88,80	60,50*	—
	Ohadi	90,80	81,00	58,97
Siria (AL-NABALSI, 1995)	Ashoury	99,00	—	60,5
	White Jalab	90,00	—	—
USA (ANONIMO, 1998)	Kerman (grande)	88,00	74,00	—

(*) Seco con la piel rojiza.

Color de la pepita

Hay una gran demanda por la industria alimenticia de pistachos de pepita verde (AGAR *et al.*, 1998). Los pistachos de pepita verde se utilizan para chocolate, helados, pasteles, pastas, dulces y en las industrias transformadoras (KASKA, 1995). En todos los países de Oriente Medio hay gran demanda de pistachos verdes. El verde pistacho significa un color especial en Turquía y los países árabes.

Hoy en día 'Ohadi' de Irán y 'Kerman' de USA son los principales cultivares comerciales. Aunque estos cultivares tienen frutos grandes y atractivos con alto porcentaje de

apertura, el color de la pepita es amarillo o crema. En contraste, los pistachos italianos y turcos no son grandes (excepto 'Siirt' y los nuevos tipos seleccionados) pero tienen un color verde muy intenso. Por lo tanto obtienen un mejor precio en el mercado.

Actividades de investigación

Las actividades de investigación sobre el pistachero parecen concentrarse principalmente en Turquía, España, USA e Italia. En Turquía, durante los últimos 7 años casi se ha finalizado la selección de tipos machos para cada cultivar. La selección de tipos

hembra todavía continúa. Los ensayos de patrones se siguen eficazmente. Un trabajo sobre hibridación interespecífica e intraespecífica de especies de *Pistacia* ha terminado y el otro todavía prosigue. Los principales temas de investigación sobre el pistachero en Turquía son trabajos sobre fisiología, biología floral, caracterización del germoplasma de pistachero (*P. vera*) de Turquía por medio de diferentes marcadores moleculares y determinación de las relaciones genéticas entre cultivares, caracterización de los compuestos del sabor de cultivares turcos e iraníes, caracterización cromosómica de *Pistacia* spp. en Turquía, identificación de marcadores moleculares del sexo para especies de *Pistacia*, interacciones patrón x cultivar, alta densidad, riego, nutrición, recolección, vecería, cultivo, desarrollo de poblaciones monoicas de pistachero (*P. vera*) y determinación del mecanismo sexual por cruzamientos, etc.

En España las principales actividades de investigación han sido la adaptación, los cruzamientos entre cultivares macho y hembra de diferente origen, la fenología y la pomología.

En USA las principales actividades de investigación se han concentrado en el manejo de la plantación, la calidad, la nutrición, la mejora, el riego, los patrones, el control de plagas, malas hierbas y enfermedades, la vecería, la economía, los suelos salinos, etc. (FERGUSON *et al.*, 1999).

Realmente las actividades de investigación en los países productores de pistacho son bastante importantes en relación con los otros frutos secos. Por ejemplo, el número de comunicaciones al II Simposio Internacional sobre el Almendro y el Pistachero fue de 42, y en el Coloquio del GREMPA en Sanlúcar 35.

Propuesta de algunos temas de colaboración sobre pistachero en los países de la cuenca Mediterránea

- Sobreinjerto de árboles y arbustos silvestres de *Pistacia* spp.
- Cultivo en suelos salinos.
- Trabajos intensivos sobre las necesidades en frío de los cultivares de pistachero para desarrollar su cultivo en países de inviernos templados.
- Nutrición foliar del pistachero.
- Micropropagación del pistachero.
- Determinación de especies de *Pistacia* por marcadores moleculares.
- Propagación vegetal en vivero (producción de plantones, injerto, producción de planta en contenedores).
- Mejora para la resistencia a enfermedades (colaboración de científicos iraníes y americanos).
- Mejora por cruzamiento de patrones (crecimiento rápido, resistencia a enfermedades, fácil de injertar).
- Mejora por cruzamiento de cultivares (gran tamaño, elevada apertura, resistencia a enfermedades, alta producción, recolección temprana, corta juvenilidad, monoicos, producción regular, etc.).
- Plantación a alta densidad en riego.
- Polinización artificial.

Bibliografía

- ACAR, I., AK, B.E., 1998. An investigation on pollen germination rates of some selected male trees at Ceylanpinar State Farm. Cah. Options Méditerran. Ser. A 33: 63-66.

- AGAR, I.T., KAFKAS, S., KASKA, N., 1998. Variation in kernel chylorophyll content of different pistachio varieties grown in six countries. *Acta Hort.* 470: 372-377.
- AK, B.E., SERMENLI, T., KARACA, R., KOC C., 1995. The improvements of pistachio at Ceylanpinar State Farm. *Acta Hort.* 419: 281-283.
- AK, B.E., 1998. The yield and fruit quality of *Pistacia vera* cv Siirt grown at the Ceylanpinar State Farm. *Acta Hort.* 470: 510-515.
- AK, B.E., ACAR, I., KASKA, N., 1998. An investigation on the male determination for some female varieties throughout five years (1992-1996) grown at Ceylanpinar State Farm in Sanliurfa conditions. *Cah. Options Méditerran. Ser. A* 33: 99-104.
- AK, B.E., ACAR, I., SAKAR, E., 1999. An investigation and determination of pomological and morphological traits of wild almond grown at Sanliurfa province. *Cah. Options Méditerran. Ser. A* 56 (en prensa).
- AL-ATTAR, F., 1990. Nut production in Syria. En: V.G. Manini, H. Olez. M. Buyukyilmaz y S. Ozelkok (eds): *Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa*. REUR Tech. Series 13: 281-287.
- ALBISU, L.M., 1996. Introduction. Economics of nuts in the Mediterranean basin. *Cah. Options Méditerran. Ser. A* 7: 9-17.
- ANONIMO, 1998. Proposed United States standards for grades of pistachio nuts. Calif. Pistachio Commission, Fresno, California, 4 pp.
- AL-NABALSI, G., 1995. Pistachio production, technology, problems and research projects in Syria. *Acta Hort.* 419: 189-193.
- ARPAÇI, S., ATLI, S., 1995. The effect of different in-row spacings on yield, growth and some qualifications under arid conditions. *Acta Hort.* 419: 259-264.
- ARPAÇI, S., AKSU, O., TEKIN, H., 1998. Determination of the best suitable grafting method on different pistachio rootstocks. *Acta Hort.* 470: 443-446.
- ATLI, S., KASKA, N., ETI, S., 1995. Selection of male *Pistacia* spp types grown in Gaziantep. *Acta Hort.* 419: 318-322.
- ATLI, S., ARPAÇI, S., AKGUN, A., OZGUVEN, A.I., OZGUVEN, F., 1999. Bazı antepfıstığı çeşitlerinin hasat zamanının saptanması ve makinalı hasatın uygulanabilme durumunun araştırılması. III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Ankara: 248-251
- BELHADJ, S., 1999. Actual statement and degradation of Algerian pistachio orchards. *Cah. Options Méditerran. Ser. A* 56 (en prensa).
- CAGLAR, S., KASKA, N., 1995. Top-budding of *P. terebinthus* L. rootstocks in the Mediterranean region of Turkey. *Acta Hort.* 419: 237-242.
- CHATIBI, A., KCHOUK, M.E., BEN ABDALLAH, F., 1995. Rooting improvement of *Pistacia vera* L. cv Mateur by in vitro culture of apices and cuttings. *Acta Hort.* 419: 213-219.
- CRANE, J.C., 1978. Pistachio tree nuts. Avi Publishing Co. Westport, USA.
- CRANE, J.C., TAKEDA, F., 1979. The unique response of the pistachio tree to inadequate winter chilling. *HortScience* 14 (2):135-138.
- FERGUSON, L., SANDEN, G., GRATAN, S., REYES, H., 1999. Salinity tolerance of four Pistachio rootstocks. *Cah. Options Méditerran. Ser. A* 56 (en prensa).
- GHOORBANI, A.M., 1999. Effects of auxin and cytokinin concentration of proliferation and rooting of shoots of pistachio cultivars (*Pistacia vera* cv Ohadi, Akbari and Fandoghi-48) Tissue culture system. *Cah. Options Méditerran. Ser. A* 56 (en prensa).
- HADJ HASSAN, A., KARDOUCH, M., 1995. Status of pistachio nut cultivation in Syria. *Acta Hort.* 419: 221-227.
- KAFKAS, S., 1995. Preliminary studies on the selection of *P. atlantica* and *P. khinjuk* genotypes as rootstocks for pistachio. M.Sc. Thesis. Cuk. Univ., Adana, 154 p.
- KAFKAS, S., KASKA, N., 1998a. The effects of scarification, stratification and GA₃ treatments on the germination of seeds and seedling growth in selected *P. khinjuk* types. *Acta Hort.* 470: 454-459.
- KAFKAS, S., KASKA, N., 1998b. Selection of *P. atlantica* types as rootstocks for *P. vera*. *Acta Hort.* 470: 226-230.
- KAFKAS, S., PERL-TREVES, R., KASKA, N., 2000. Unusual *P. atlantica* Desf. monoecious sex types in the Tunt Mountains of the Manisa province of Turkey. *Isr. J. Plant Sci.* 48 (4): 277-280.
- KASKA, N., 1990. Pistachio Research and Development in the Near East, Nort Africa and Southern Europe. En: V.G. Manini, H. Olez. M. Buyukyilmaz y S.

- Ozelkok (eds). Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa. REUR Tech. Ser. 13: 133-160.
- KASKA, N., 1995. Pistachio nut growing in Turkey. Acta Hortic. 419: 161-164.
- KASKA, N., 1999. Almond and pistachio production in the Mediterranean countries. Cah. Options Méditerran. Ser. A 56 (en prensa).
- KASKA, N., 1999. Southeast Anatolia can be an important almond growing region of Turkey. Cah. Options Méditerran. Ser. A 56 (en prensa).
- KASKA, N., NIKPEYMA, Y., 1999. Effects of rootstocks on the bud take and growth and development of Turkish and foreign pistachio cultivars at Kahramanmaraş province. Cah. Options Méditerran. Ser. A 56 (en prensa).
- KASKA, N., NIKPEYMA, Y., KAFKAS, S., 2001. Interactions between rootstocks and variety of pistachio nut in K. Maras/Turkey. III International Symposium on Pistachios and Almonds, Zaragoza. España (en prensa).
- KUDEN, A.B., KASKA, N., TANRIVER, E., AK, B.E., TEKIN, H., 1995a. Determining the chilling requirements and growing degree hours of some pistachio nut cultivars and regions. Acta Hortic. 419: 85-90.
- KUDEN, A.B., KUDEN, A., NIKPEYMA, Y., KASKA, N., 1995b. Effects of chemicals on bud break of pistachios under mild climate conditions. Acta Hortic. 419: 91-96.
- MLIKA, M., 1990. Nut production in Tunisia. En: V.G. Manini, H. Olez, M. Buyukyılmaz y S. Ozelkok (eds). Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa. REUR Tech. Ser. 13: 289-316.
- NAKHILI-NEJAD, M., 1999. Pistachio hulling and processing in Iran. Cah. Options Méditerran. Ser. A 56 (en prensa).
- NIKPEYMA, Y., CAGLAR, S., AK, B.E., ACAR, I., 1998. Budding success of *Pistacia integerrima* on different *Pistacia* rootstocks. Acta Hortic. 470: 237-241.
- OZBEK, S., AYFER, M., 1958. An hermaphrodite *Pistacia* found in the vicinity of Antep, Turkey. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 240-241.
- SHEIBANI, A., 1994. Pistachio production in Iran. Pistachio Research Institute, Rafsanjan/Iran, 73-245.
- SHEIBANI, A., 1995. Pistachio production in Iran. Acta Hortic. 419: 165-168.
- SHEIBANI, A., 1996. Distribution, use and conservation of pistachio in Iran. Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Report of a workshop 29-30 June 1995, Palermo, Italy. IPGRI. 51-56.
- SULTANOV, R.A., CHERNOVA, G.M., 1999. Peculiarities of *Pistacia vera* grown in rainfed conditions (foothills) in central Asia. Cah. Options Méditerran. Ser. A 56 (en prensa).
- TEKIN, H., ARPACI, S., ATLI, S., ACAR, I., KARADAG, S., YUKCEKEN, Y., YAMAN, A., 2001. Pistachio growing (in Turkish). Pistachio research Institute, Gaziantep Publ. No:13, 132 pp.
- VAKNIN, Y., GAN-MOR, S., BECHAR, A., RONEN, B., EISIKOWITCH, D., 1999. Electrostatic pollination of pistachio (*Pistacia vera* L.) - A novel technique of pollen supplementation in Agriculture. Cah. Options Méditerran. Ser. A 56 (en prensa).
- VARGAS, F.J., ROMERO, M.A., PLANA, J., ROVIRA, M., BATLLE, I., 1995. Characterization and behavior of pistachio cultivars in Catalonia (Spain). Acta Hortic. 419: 181-188.
- VARGAS, F.J., ROMERO, M.A., MONASTIRA, F., ROUSKAS, D., MENDES-GASPAR, A., 1997. Sélection de variétés de pistacher adaptées à l'aire nord Méditerranéenne. Options Méditerran. Ser. B 16: 93-119.
- VARGAS, F.J., ROMERO, M.A., CLAVE, J., 1998. Nursery behaviour of pistachio rootstocks. Acta Hortic. 470: 231-236.
- ZOHARY, D., 1996. The Genus *Pistacia* L., Taxonomy, Distribution, Conservation and Uses of *Pistacia* Genetic Resources. Project on Underutilized Mediterranean Species, Report of a Workshop 29-30 June 1995, Palermo, Italy, IPGRI, pp. 1-11.

MESA REDONDA

R. Socias i Company

Unidad de Fruticultura, SIA-DGA. Apartado 727,
50080 Zaragoza, España

Introducción

Desde que se decidió la celebración de este Simposio en Zaragoza, fue mi intención que como acto final del mismo tuviera lugar una mesa redonda dirigida especialmente al sector de los frutos secos, con el fin de comentar los aspectos de la investigación, que eran los fundamentales en el desarrollo científico del Simposio, ante una audiencia interesada en la problemática diaria de conseguir una producción competitiva con estas especies. Por ello se contó especialmente con las OPAs de Frutos Secos y en particular con sus organizaciones, CCAE y AEOFRUSE, así como con ALMENDRAVE, la agrupación de exportadores, para cerrar el ciclo desde la investigación y la producción a la comercialización.

Para ello la mesa contó con representantes de todos estos sectores, buscando su representatividad y complementareidad. Por motivos de compromisos ineludibles de última hora no estuvo presente D. Fernando de La Jara Ayala, Subdirector General de Prospectiva y Coordinación de Programas del INIA, quien une a su cargo directivo en investigación una amplia experiencia en las asociaciones interprofesionales.

Abí las intervenciones con un repaso de los avances que la investigación ha supuesto en el cultivo de estas dos especies, siguiendo con las intervenciones de D. Pedro Cortés (ALMENDRAVE), D. Jesús A. Peñarán-

da (CCAIE) y D. Jordi Tormo (AEOFRUSE) para seguir con el punto de vista de los investigadores D. Antonio J. Felipe (SIA-DGA), D. Francisco J. Vargas (IRTA) y D. Luis M. Albisu (SIA-DGA), para dejar posteriormente tiempo para el debate abierto a la audiencia, durante el cual destacó la intervención del sector y también de asistentes extranjeros al Congreso que pudieron enriquecer el debate con sus puntos de vista en contraste con los nuestros.

Avances de la investigación en el almendro y el pistachero

Hay que recordar que esta mesa redonda se enmarca en un Simposio Internacional que es al mismo tiempo el XII Coloquio del GREMPA (Group de Recherches et d'Études Méditerranéen pour l'Amandier), Grupo de Trabajo que precisamente se fundó en este mismo Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza en 1974, por el impulso del investigador francés Jacques Souty. Esta reunión de dos días (19 y 20 de febrero) fue motivo para contrastar los trabajos que se llevaban a cabo en el almendro en los diferentes países y contó con la presencia de conocidos nombres como René Bernhard y Charles Grasselly de Francia, Francesco Monastera de Italia, Ahmed Jaouani de Tunisia y Antonio J. Felipe, Ramon Vidal-Barraquer y Francisco J. Vargas de España. Hoy todavía pode-

mos disfrutar de la presencia de Grasselly, Felipe y Vargas en este Simposio 27 años después. Hubo comunicaciones escritas de investigadores de Bulgaria, Grecia, Irán, Israel, Portugal, Rumanía y la Yugoslavia de entonces, que no pudieron asistir debido a la premura de la convocatoria.

El contraste de estos trabajos fue motivo para decidir la celebración de un II Coloquio en 1975 en Montpellier (Francia), con el fin de contar con una mayor asistencia y una presentación más amplia de las experiencias de cada investigador. Así se creó un clima de diálogo y de compañerismo que posiblemente ha sido fundamental en el avance que ha supuesto el conocimiento del almendro en estos últimos años.

La genética del almendro ha conocido unos avances muy importantes, tanto desde el punto de vista de los conocimientos básicos como desde el de la mejora. La aparición de nuevas variedades en distintos países ha representado un cambio decisivo en la producción del almendro. Si al inicio del GREMPA, las variedades 'Ferragnès' y 'Ferraduel', obtenidas por Charles Grasselly, representaban una novedad que todavía mantiene su vigencia, ahora hay una serie de variedades que siguen mejorando esta producción. El avance más importante ha sido la obtención de nuevas variedades autocompatibles, que son la base de muchas nuevas plantaciones, demostrando la eficacia de la transferencia de estas mejoras hacia el sector productor. Así, la presencia de 'Lauranne' en las nuevas plantaciones francesas y de 'Guara' en las españolas, son el exponente más claro de esta eficacia.

Paralelamente a estos avances en la mejora, con un conocimiento muy profundo de la biología floral, se ha iniciado la identificación de marcadores moleculares en el almendro, de una manera que permite augurar su posible utilización en un próximo futuro.

En el campo de los patrones los avances han sido igualmente muy significativos y actualmente se puede plantear el cultivo del almendro en los distintos tipos de suelos con la posibilidad de elegir el patrón más adecuado. Realmente, estos avances, tanto en variedades como en patrones, suponen un gran reto porque obligan a precisar más, ya que hemos llegado al momento crítico de tener que aplicar la solución más correcta en cada momento.

Quizás no han recibido tanta atención las técnicas de cultivo, como el riego, el abonado y los tratamientos fitosanitarios, que se están revelando imprescindibles para conseguir una producción respetuosa con el medio ambiente y económicamente viable. El mercado de productos biológicos se ha empezado a desarrollar y posiblemente adquiera cada día una mayor importancia, siempre con el objetivo general de mejorar la producción.

Estos días, por primera vez en un Simposio de este tipo, ha habido comunicaciones sobre la calidad de diferentes variedades para distintos usos industriales. Es éste un aspecto novedoso pero que posiblemente tenga cada vez mayor importancia con el fin de ofrecer al mercado los productos más adecuados para cada uno de los muchos productos que se pueden fabricar a partir de las almendras. De esta manera podremos definir realmente la calidad de nuestras almendras, frente a calificaciones básicamente subjetivas que se han utilizado hasta este momento.

A lo largo de los sucesivos Coloquios del GREMPA surgieron comentarios sobre el pistachero, una especie que se cultiva en muchos países junto al almendro y con algunos especialistas dedicados a ambas. Por ello se incluyó también al pistachero en las reuniones del GREMPA. Quizás por este interés posterior, los avances en el pistachero

probablemente no puedan considerarse tan significativos, aunque se ha avanzado considerablemente en el conocimiento de los patrones y las variedades, hasta hace poco de uso muy restringido en sus zonas geográficas de origen. A ello se añade el interés de realizar selecciones entre las poblaciones espontáneas y silvestres que se encuentran en los países del Próximo Oriente, que presenta la mayor diversidad en esta especie.

La mejora genética es en esta especie un trabajo muy lento, pero que ya muestra un cierto interés. Así mismo es de gran importancia la posibilidad de selección para la resistencia a la salinidad y a la sequía, dos problemas de aparición muy frecuente en muchas zonas de cultivo del pistachero.

A continuación tuvieron lugar las intervenciones de los representantes del sector, que se transcriben al final.

Antonio J. Felipe centró su intervención en el almendro, en relación a la situación actual y a las perspectivas de futuro. Señaló el avance del que ha sido testigo a lo largo de su vida profesional, centrada sobre todo en la obtención de un buen material vegetal, tanto en variedades como en patrones. En el campo de las variedades destacan dos características fundamentales: la floración tardía y la autocompatibilidad, con la presencia de un grupo de nuevas variedades procedentes de distintos países y en particular de los diferentes centros españoles en los que se trabaja en el almendro. Estas nuevas variedades selectas son, sin embargo, mejorables, por lo que el trabajo de mejora continúa. En el campo de los patrones, el tradicional franco de almendro está cada vez más en desuso, mientras se van imponiendo los híbridos almendro x melocotonero. Al mismo tiempo se ha comprobado la compatibilidad del almendro con algunos patrones de tipo ciruelo, en particular los pollizos de Murcia. Es previsible que en el

futuro se consigan híbridos complejos y completos que se puedan adaptar mejor a las distintas condiciones de cultivo. En cuanto a las técnicas de cultivo, se debe incidir en la nutrición, la poda, los tratamientos, el laboreo..., aunque cabe destacar que la recolección mecanizada del almendro es total y satisfactoria.

En cuanto a las perspectivas de futuro del cultivo del almendro, A. Felipe resaltó que la situación actual viene determinada por la guerra de precios, por lo que se debe ir a abaratar la producción, lo que sólo se puede conseguir mediante la mejora de la producción con una mayor eficacia por hectárea y la reducción de costes. Este es el gran reto para el que debe ayudar la investigación.

Francisco J. Vargas centró su intervención en el pistachero, especie casi desconocida hace 20 años pero que en este plazo de tiempo ha sufrido un gran cambio tanto en España como en el resto del mundo. Aunque la presencia de España es relativamente reducida, se partía de cero, por lo que todo ha supuesto un incremento, conseguido a veces a base de corregir errores. Las reuniones, básicamente los coloquios del GREMPA, han favorecido enormemente el intercambio de materiales y de información y han supuesto un hito en la mejora de esta especie, que recibe un nivel de atención relativamente reducido en la investigación, pero con una incidencia significativa en su cultivo.

Luis M. Albisu recalcó la incidencia del plan de ayudas en la organización de los productores, aunque todavía queda camino por recorrer. Desde el punto de vista del mercado, hay que recalcar el aspecto de salud ligado al consumo de frutos secos, así como su gran variedad, lo que ofrece posibilidades de expansión de la demanda. Igualmente hay que tener en cuenta que el consumidor no conoce las variedades, por lo que se debe comunicar todavía más todo el

aspecto diferenciador de cada producto. También se debe incidir en la segunda transformación por parte de las organizaciones de productores y así atender más y mejor algunas de las líneas de mercado.

Coloquio

J. Tormo: La calidad de los frutos secos españoles es probablemente superior a la de los extranjeros y ello se debe poder valorar. Hay una gran variedad de usos de los frutos secos, pero se deben ampliar y actualmente hay la intención de incidir en la utilización en la cocina. Hay mucho camino por recorrer, en concreto de cara a todos los aspectos de salud relacionados con los frutos secos, especialmente con todo lo relativo al colesterol. También hay productos quizás poco conocidos y que se deben conocer más, como la leche de almendra, muy fácil de preparar.

P. Cortés: Los planes de mejora han sido un factor fundamental en la organización del sector, pero todavía queda el siguiente paso, el de la promoción. Hay que valorar la creación de la Fundación Nucis, con todo lo que implica de valorar el componente saludable del consumo de frutos secos.

Jorge Castro (Universidad Católica de Santiago de Chile): En la línea de promoción indicada, pregunta si algunas actuaciones podrían ser positivas, como los concursos de competencia entre productores para premiar los mejores en cuanto a producción y calidad; en segundo lugar la propaganda dirigida particularmente a los niños, a nivel escolar, ya que son los consumidores de mañana; en tercer lugar la posibilidad de denominaciones de origen para las variedades de almendro; finalmente pregunta si los productores españoles estarían dispuestos a pagar una pequeña cantidad por kg de pro-

ducción para financiar todos estos aspectos de promoción.

J. Peñaranda: La mayoría de las zonas productoras de España son de bajos rendimientos, por lo que los concursos de competencia entre productores no parecen posibles a no ser que se busque la competencia en el campo de la producción saludable, incluso como producción ecológica, con la aplicación de pocos productos fitosanitarios.

P. Cortés: Actualmente los productores ya contribuyen a las diversas campañas a través de las OPAs.

F. Vargas: La promoción del consumo es posible y especialmente fuera de España para las exportaciones. Un ejemplo es el caso del pistacho en España, que ha pasado de un consumo prácticamente nulo a bastante en los últimos años.

A. Felipe: Hay que valorar los frutos secos como alimentos muy concentrados y de composición muy equilibrada, por lo que su aspecto nutritivo y saludable es muy importante. Parte del gasto de promoción se debería también aplicar a fomentar la conexión entre la investigación, la extensión y el sector para encontrar la comunicación adecuada.

Nurettin Kaska (Universidad de Karahmanmaras, Turquía): Muestra su asombro al no observar anuncios de promoción del consumo en la televisión. En Turquía hace dos años se empezó una campaña de anuncios de avellanas que ha dado buenos resultados.

J. Tormo: No hay la propaganda que se quisiera, pero sí a nivel de algunas marcas y en Navidad con el turrón. Hay que tener además en cuenta que la propaganda en televisión es más cara, pero hay un cierto nivel de propaganda.

L.M. Albu: Hay dos tipos de promoción: de marca y genérica. La de marca es de algunas empresas en algunos momentos.

Los programas de promoción genérica pueden ser con fondos de la Unión Europea, sobre todo en los puntos de distribución. Sin embargo, no hay un nivel adecuado de promoción de ventas.

J. Tormo: La propaganda genérica debería correr a cargo de la administración.

José L. Ribera (Productor de Torrebesses, Lleida): A veces complicamos excesivamente la visión del mercado, cuando a menudo es muy fácil y es una cuestión de saberlo explicar debido al desconocimiento del producto: en el extranjero no saben pelar las Languetas, pero les encantan. Por otro lado, este desconocimiento es a nivel de muchos aspectos: los países mediterráneos aquí presentes tienen poco conocimiento de España. Finalmente, ¿qué hay que hacer para expandir el cultivo del pistachero en España?

Christopher Joyce (Australian Almond Growers Association): Da la impresión que los productores españoles y europeos en general se han quedado igual que hace años en producción, mientras que los otros sí han progresado.

P. Cortés: El almendro ha sido un cultivo marginal. La consolidación se ha impuesto en la producción y ahora debe imponerse en la comercialización. La producción no ha aumentado mucho porque ha habido muchas reconversiones y el aumento de la producción se producirá dentro de poco.

L.M. Albisu: En relación con las reconversiones en el almendro, hay que tener en cuenta que no es lo mismo dar un subsidio directo a la producción para abaratar costes que dar una ayuda a un cambio estructural. La producción está enormemente fragmentada en múltiples explotaciones que antes no estaban organizadas, y en este aspecto se ha mejorado mucho. El efecto negativo puede repercutir en otros productos, pero no en el almendro.

J. Tormo: Reafirma las ayudas que hay en otros países y en otros productos, particularmente en los Estados Unidos.

Federico Dicenta (CEBAS-CSIC, Murcia): Quiere retornar a la ayuda del sector productivo a la investigación, en particular porque no conoce apoyos de productores a ensayos o a programas de mejora. Cuestiona la comunicación entre el sector y la investigación, siendo la transferencia muy pobre y siempre que existe es por parte del investigador.

F. Vargas: Su centro tiene contratos con asociaciones de productores y viveristas.

F. Dicenta: Ello es por el pago de un producto, no inversión en la investigación.

P. Cortés: En el caso de Mallorca hay contratos de las asociaciones de productores con la universidad para el desarrollo de nuevas técnicas o nuevos productos.

J. Peñaranda: Los agentes de extensión se han convertido en burócratas, por lo que falla esta labor técnica de conexión entre el sector y la investigación. Sin embargo, la colaboración es competencia de todos y la responsabilidad de cada uno. Hay cooperativas que están dispuestas a hacer proyectos de investigación, pero falta una organización de colaboración. Por otra parte, no son nada comparables los sistemas de producción de Estados Unidos y Australia con los de España.

José F. Aguilar (CORIMBO SA, Granada): El pistachero ha multiplicado su producción y sin embargo ha aumentado su precio. ¿Se debe ello a una demanda insatisfecha o por el aumento de cotización del dólar?

F. Vargas: El pistacho tiene posibilidades de industrialización que aquí todavía no se han iniciado porque se vende todo solamente para las preparaciones de aperitivos.

J. Tormo: El precio siempre es el resultado de la oferta y la demanda. Probablemente la cotización del dólar puede influir poco.

L.M. Albisu: No se puede hablar de productos, sino del tipo de producto: qué almendra en concreto. A medida que un producto se industrializa, aparecen nuevos segmentos de precios para este producto. El pistacho no tendrá un precio, sino muchos según cada aplicación.

Angelo Godini (Universidad de Bari, Italia): Hay que expresar correctamente la producción mundial de almendra. Hay que hablar de producción en pepita y no en cáscara. Finalmente ¿quién impone el precio? Hay que tener en cuenta la producción californiana. La producción europea radica en campos muy fragmentados y es mucho menor.

P. Cortés: Los datos expuestos son producciones en pepita. Hace una semana se anunció la producción de 870 millones de libras. La producción de Italia, Grecia y Portugal es casi sólo para su consumo, así como la de Túnez. El precio viene impuesto por la elevada producción californiana, junto con la fortaleza del dólar.

J. Tormo: La cotización del dólar ha subido y la cosecha de California ha aumentado mucho.

L.M. Albisu: El precio de cualquier producto viene determinado por la mayor presencia en el mercado mundial, lo que no quiere decir precisamente la mayor producción.

Brent A. Holtz (Servicio de Extensión Agraria de California, Madera): Habrá que expandir los mercados ante la gran producción y el bajo precio. Hace dos semanas tuvo lugar la reunión de la Blue Diamond y se consideró la necesidad de la propaganda, la calidad, los productos orgánicos, etc...

J. Tormo: Es necesario que la administración impulse el consumo, ante la gran diversidad de productos: mazapán, pastelería, aperitivos, uso culinario... Sin embargo, hace falta señalar nuevos consumos, para lo cual hay que invertir. El consumo mundial difícilmente podrá absorber la gran producción de este año, por lo que habrá problemas de mercado.

P. Cortés: ¿Cuál es el límite de precio que podría soportar un productor americano?

B. Holtz: Depende de los costes, de si la tierra es propia o no, etc... No se puede bajar de un dólar por libra. Sin embargo, hay que tener en cuenta que muchas nuevas explotaciones son en antiguos campos de algodón, con lo cual se están reemplazando los pequeños almendricultores por grandes compañías.

Conclusiones

1. El sector español de frutos secos ha conseguido durante los últimos años un alto nivel de organización en el sector productivo gracias a la consolidación de las OPAs. Este proceso debe afianzarse y el plan de ayudas de la UE es vital para ello.

2. Esta consolidación debe prolongarse con la comercialización, que algunas OPAs ya han iniciado pero que debe profundizarse con una mayor transformación de la producción para conseguir una oferta de una mayor gama de productos, ya que esta diversificación puede ampliar el mercado.

3. La administración debe promover una propaganda institucional del consumo de los frutos secos. La imagen de producto saludable en su origen y en sus efectos debe ser básica para la promoción del consumo.

4. La diversificación del producto y su aspecto nutritivo y saludable deben ser la base de nuevas utilidades, como pueden ser nuevos usos culinarios. Hay que definir muy claramente los productos e identificar las variedades más adecuadas para cada uso industrial.

5. La competitividad de la producción debe basarse en la utilización de materiales

vegetales selectos y eficaces con la utilización de las técnicas de cultivo adecuadas.

6. La conexión entre el sector productivo y la investigación, aunque ya existe, debe mejorarse. El sector, probablemente a través de la creación de una interprofesional, podría intervenir en la decisión de posibles líneas de investigación y en la financiación de las mismas.

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN Y EL COMERCIO DE LOS FRUTOS SECOS

Pedro Cortés

ALMENDRAVE, P. Mostenses 7-1º, 28015 Madrid

Quisiera felicitar al gobierno de Aragón y a las instituciones que han dado soporte para la celebración de este III Simposium Internacional de Pistachos y Almendras por el interés que ha despertado la convocatoria, y el alto nivel de las ponencias. Les agradezco la deferencia por haberme invitado a participar en esta mesa redonda que vamos a celebrar.

Personalmente me resulta muy agradable volver a Zaragoza. En su entonces recién inaugurada Universidad cursé toda mi carrera, y me vienen a la mente la Zaragoza del tubo, las copas de ferias de los cinco magníficos y, por supuesto, el recuerdo de los Drs. Ballesteros, Herce Quemada, Aurelio Guaita, Ramiro Rico, Sánchez Rebullida y todos aquellos que nos dieron una formación académica envidiable en aquellos tiempos.

Este Simposium es un aliciente más para evidenciar la presencia del sector de frutos secos en distintos foros que están teniendo lugar en este mes de mayo: La primera conferencia de NUCIS, El XXV Congreso Internacional de Barcelona, la reunión de OPFH españolas, con representantes de los otros países productores como: Francia, Portugal, Grecia e Italia. También en Mallorca, este mes, celebramos las VIII Jornadas del Almendro y Algarrobo.

Todos estos encuentros demuestran que existe una preocupación en el sector, ya que es éste un momento crucial del que depende

su futuro. Como han indicado otros ponentes es prioritario desvelar las dudas sobre las ayudas a la producción. No contar con ellas en lo sucesivo supondría calificar como muy difusa la perspectiva que nos sugiere el título de esta mesa redonda. Mediante estas ayudas hemos conseguido una mayor concentración de oferta, modernizar el sector, profesionalizar a los agricultores con la asistencia técnica de profesionales, crear industrias agroalimentarias en zonas rurales, y por consiguiente, aumentar su renta. La filosofía de las ayudas de la UE se ha cumplido perfectamente. El agricultor de almendras, avellanas y algarrobas ha sido el mejor defensor del medio ambiente.

Por otra parte, la comercialización se enfrenta a una durísima competencia, tanto en almendra como en avellana, que analizaremos posteriormente.

Aunque el objetivo primordial de esta mesa redonda consiste en dar la oportunidad a los asistentes para que, por medio de sus preguntas y comentarios se susciten los temas que puedan tener mayor interés, no me resisto a exponer, brevemente, unas ideas sobre comercialización, en particular de la almendra, desde mi punto de vista como Presidente de ALMENDRAVE.

ALMENDRAVE es el anagrama de la Agrupación de Exportadores de Almendra y Avellana de España, que ha desarrollado una actividad ininterrumpida durante 54 años.

Es Entidad Colaboradora de la Administración, carece de ánimo de lucro y es representativa del 85% de la exportación española de Almendras y Avellanas de sus 16 empresas asociadas.

Servicio al exportador, apoyo a la Administración, promoción y expansión de nuevos mercados, investigación, etc., son sus principales cometidos. ALMENDRAVE es socio fundador de NUCIS, salud y frutos secos.

El mercado mundial de la almendra está dominado por EEUU y España, repartiéndose la producción y la comercialización de una forma muy desequilibrada: 70% y 20%, respectivamente. La UE es el primer consumidor mundial siendo, al mismo tiempo, deficitario de almendra y avellana.

California y Turquía son nuestros principales competidores. Cuentan con grandes producciones. Han encontrado canales para evitar en todos los mercados obstáculos arancelarios y no arancelarios. Disponen de grandes medios para afrontar una política agresiva y sistemática de comercialización.

Las previsiones de grandes cosechas americanas y turcas, las posibles pérdidas de las ayudas a nuestro tejido productor, el alto nivel de competitividad en el segmento descascarador y un encorsetamiento en nuestras exportaciones nos presentan en estos momentos un panorama poco agradable. Nuestras exportaciones se han dirigido durante los últimos veinte años a los mismos mercados sin haber estudiado posibles ampliaciones en el consumo en países emergentes. Nuestras exportaciones, no salen de los mercados maduros y si no se llega a diferenciar nuestro producto del americano es muy probable que nuestros volúmenes de exportación bajen, pues la política de ventas desde California está siendo y será muy activa con el objeto final de coger la máxima cuota de mercado. Sin olvidar que

durante este año se ha notado un cierto acuerdo en toda la política de venta de los exportadores. Aquí por el contrario luchamos en posiciones diferentes. Podemos ampliar más: y denunciar las ayudas directas e indirectas que reciben los americanos en fomento a las exportaciones.

La superficie de almendra cultivada en USA es de 182.000 hectáreas frente a las 544.000 de España. Las producciones de 315.000 y 60.000 toneladas, respectivamente, son inversamente proporcionales a la superficie.

La exportación media de los últimos tres años fue de 36.000 Tm y un contravalor 30.300 millones de pesetas.

Las importaciones, en el mismo períodos ascendieron a 26.000 Tm y 14.000 millones de Pta.

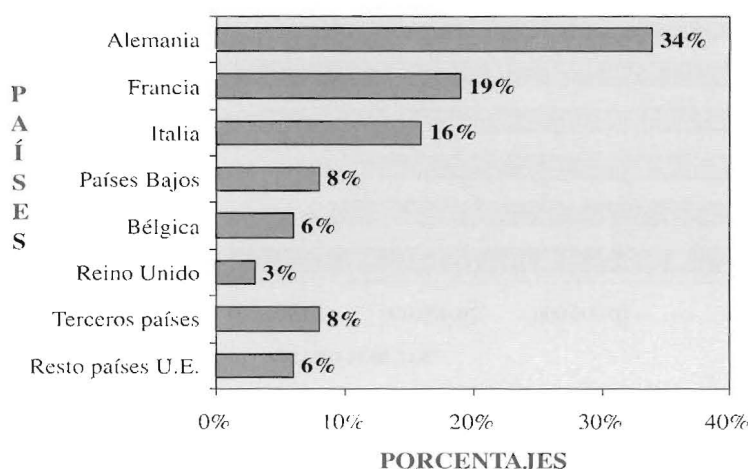
Nuestros principales compradores: Alemania 34%, Francia 19%, Italia 16%, Países Bajos 8%, Bélgica 6%, Reino Unido 3%, resto de la UE 6% (total de la UE 92%) y Terceros Países 8%.

Las ventajas competitivas de la almendra española se basan en sus mejores características organolépticas, variedades de cáscara dura (menor necesidad de pesticidas e insecticidas en los tratamientos fitosanitarios), proximidad al mercado de mayor consumo y calidad de la industria transformadora.

Nos encontramos en un nuevo contexto económico que nos lleva vertiginosamente a la internacionalización. La tan lamida palabra globalización se he convertido en una cuestionable realidad.

La Ronda Uruguay ha introducido a los productos agrícolas en las reglas de comercio exterior. Se ha observado una drástica disminución de las restituciones y la protección arancelaria es cada vez más escasa.

PRINCIPALES COMPRADORES



La UE es el primer importador de productos agrícolas con un régimen de importaciones muy flexible, mantiene ayudas a algunas explotaciones agrarias pero nos tememos que sean inferiores a la de terceros países.

En el caso de EEUU revela algo nuevo: su nivel de apoyo crece año tras año sin ningún tipo de pudor, mientras reclamaba frenos para las ayudas europeas. Según la OCDE las subvenciones americanas representaban en 1997 el 14% de la renta bruta agraria, mientras que en el año 99 ya alcanzan el 24% (recordamos un reciente artículo de D. Jaime Lamo de Espinosa).

Ante este escenario, la evolución del sector en España pasa por los siguientes conceptos:

- Perfeccionamiento de la gestión
- Aprovechar las economías de escala
- Disminución de riesgos y costes
- Diversificación de los canales de distribución
- Incorporación de personal directivo especializado

Hemos de afrontar la competitividad procurando:

- La expansión de los negocios
- Obtención de mayores cuotas de mercado
- Inversión en proyectos de investigación y desarrollo
- Búsqueda constante del incremento de valor añadido

Las estrategias de futuro las basamos en los siguientes conceptos

- Penetración en nuevos mercados
- Creación de nuevos negocios
- Cooperación, alianzas con competidores
- Planes globales de promoción
- Certificados de calidad
- Transferencias de tecnología

El sector desarrolla un cometido económico y social que merece la pena defender. Para ello debemos conseguir una producción cada vez más profesionalizada bajo asesoramiento técnico de las organizaciones de productores

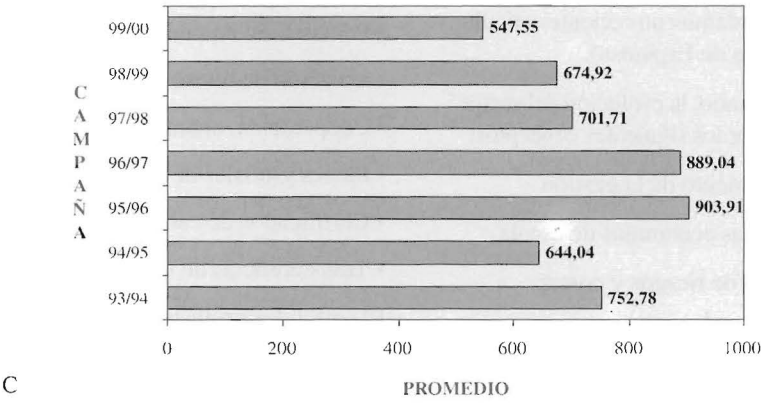
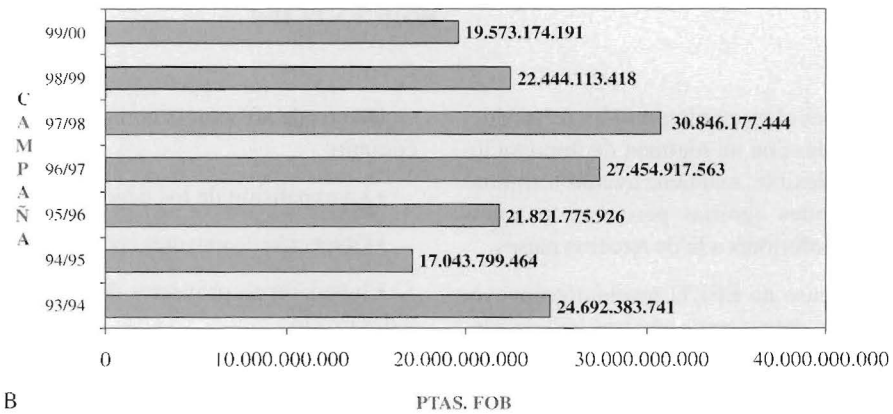
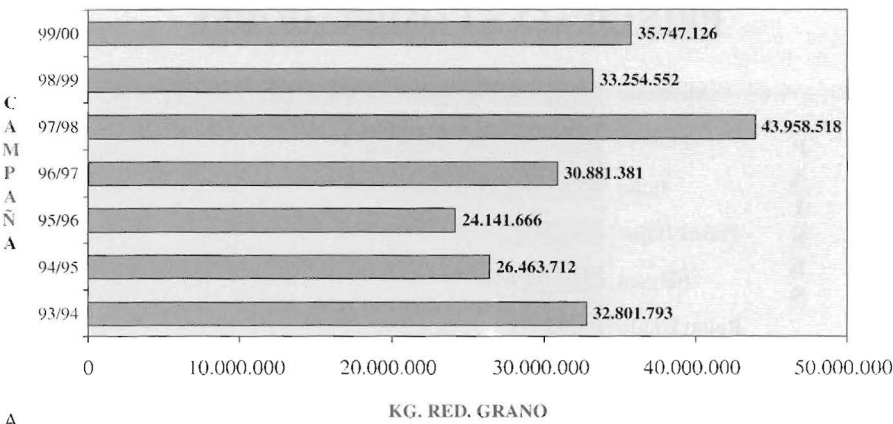
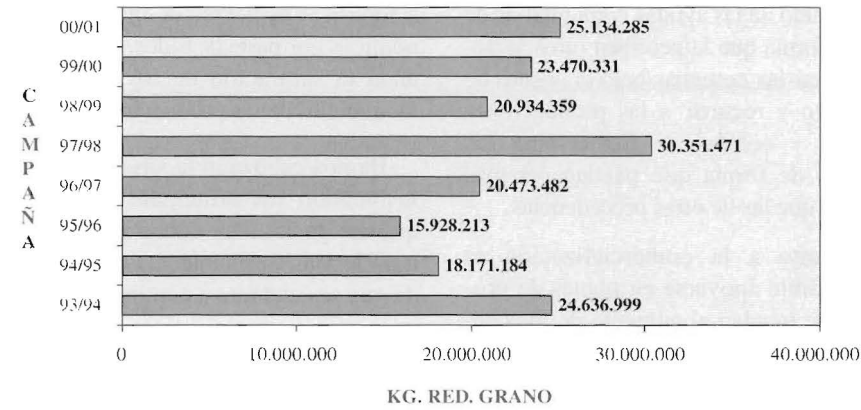
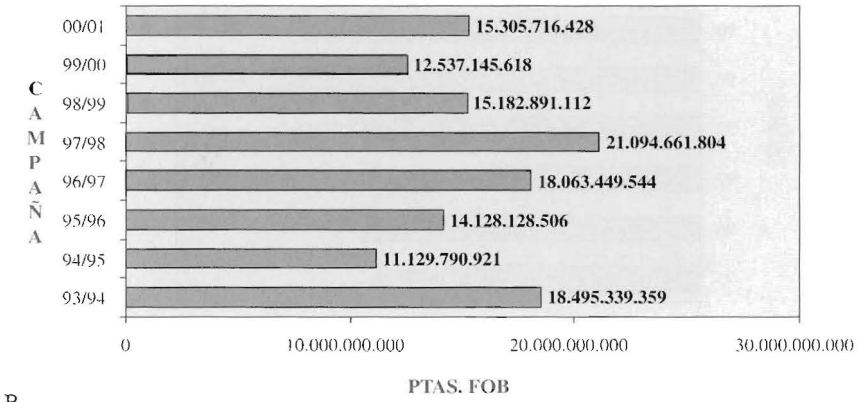


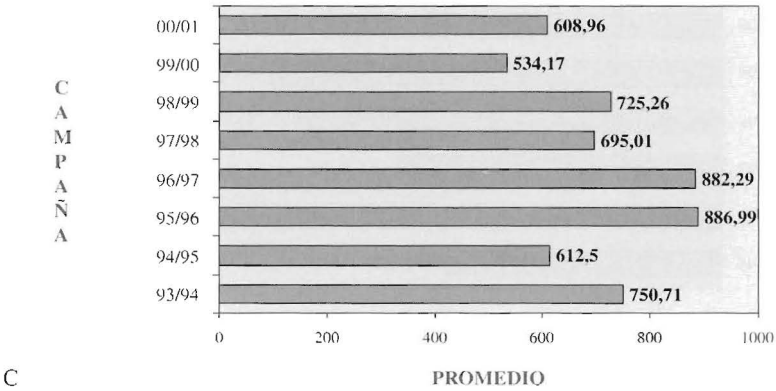
Figura 1. Exportaciones de los asociados últimas campañas.



A



B



C

Figura 2. Evolución en kilos últimas campañas (01.09 al 30.03).

y con respaldo de las ayudas comunitarias de la misma forma que la perciben otros sectores. Amparar las cosechas bajo el seguro de rendimiento y recurrir a las producciones integradas y ecológicas. Seleccionar las variedades de forma que puedan ser más apreciadas que las de otras procedencias.

En cuanto a la comercialización es imprescindible apoyarse en planes de promoción que tiendan al aumento de los consumos. Para este objetivo será necesario acumular la labor de las distintas ramas del sector y aprovechar todas las ayudas oficiales que estén a nuestra disposición. Esto va

a significar esfuerzos de integración y económicos por parte de todos, imprescindibles dada la saturación de los mercados y el incremento de las producciones.

Hemos esbozado la situación del sector insinuando sus principales características que me gustaría sirvieran de estímulo para tratarlo más ampliamente en la mesa redonda que se celebrará a continuación

Agradezco vuestra atención y espero que se establezca un animado coloquio que pueda dar lugar a un intercambio de ideas que ayuden afrontar el futuro con realismo y confianza.

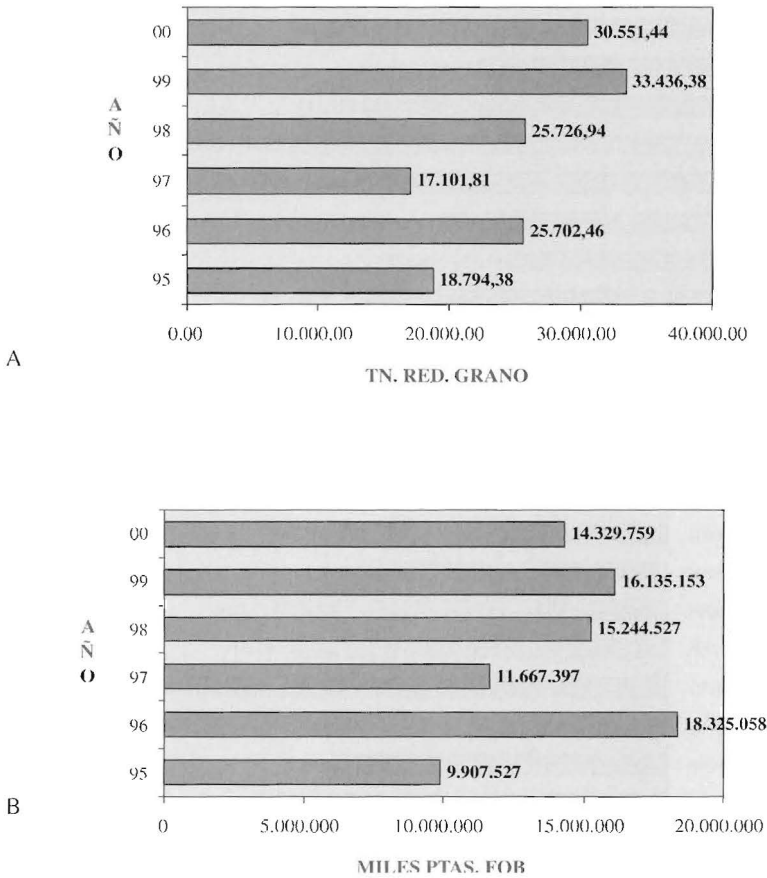


Figura 3. Importaciones.

DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE FRUTOS SECOS EN ESPAÑA Y EN PARTICULAR DEL ALMENDRO

Jesús A. Peñaranda Núñez

Confederación de Cooperativas Agrarias de España, Agustín
de Betancourt 17, 28003 Madrid, España

El sector de Frutos Secos en España tiene unas características similares para los cultivos que lo integran, pero centrándonos en el almendro, podemos resaltar las siguientes características:

La mayor parte del cultivo esta situado en zonas marginales:

- Suelos poco fértiles.
- Precipitaciones inferiores a los 400-500 mm anuales.
- Zonas cálidas con veranos severos.
- Superficie de secano mayoritariamente (más del 94% es secano).

Variedades autóctonas como Marcona y Langueta de excepcional calidad, muy apreciada por el consumidor, pero que debido a su floración temprana sufre muchos años daños importantes por heladas, dando como resultado rendimientos medios muy bajos. Las excelentes propiedades organolépticas de estas variedades autóctonas, están ausentes en las variedades de elevado rendimiento.

Puesta en marcha de las medidas de apoyo al sector

Con unas condiciones de cultivo como las anteriormente descritas, el almendro resulta un cultivo no rentable, pero con un peso social y medioambiental muy alto.

En 1989 la Comunidad Económica Europea, siendo consciente de la desventaja competitiva del sector de frutos secos, pone en marcha unas ayudas al sector que eviten la desaparición del mismo y mejoren la estructura productiva y comercial.

Aportación de los planes de mejora al sector de frutos secos

Muchas han sido las aportaciones de los planes de mejora a este sector deprimido, de las cuales podemos destacar las siguientes:

- Ha evitado la desaparición de la mayor parte de la superficie de almendro.
- Contribución a la fijación de la población al medio rural.
- Disminución de los procesos de erosión y desertificación de la superficie donde se encuentra el cultivo. En España había en el año 1997 unas 596.000 ha dedicadas al cultivo del almendro, situadas en zonas donde no existe alternativa de cultivo.
- Mantenimiento del paisaje.
- Disminuye el riesgo de incendio.
- La industria y comercio auxiliar se ha mantenido y mejorado.
- Se han mejorado las explotaciones y se ha hecho un esfuerzo importante en la mecanización de las mismas.

- Se ha mejorado la productividad del almendro con la incorporación de variedades obtenidas en los centros de investigación y mejora.

- Se han consolidado equipos de investigación que siguen trabajando en la búsqueda de variedades nuevas y mejora de las autóctonas, que permitan diferenciar y mejorar nuestro cultivo de almendra.

- Se ha organizado y estructurado el sector.

Demandas y expectativas del sector

- Los planes de mejora han ayudado mucho a este sector, pero su carácter de agricultura marginal y de bajos rendimientos, hace inviable el mantenimiento de este cultivo sin la existencia de ayudas. Resulta imprescindible, por tanto, que se prorroguen los actuales planes de mejora hasta que se realice una reforma de la OCM de frutas y hortalizas, y en ella se incluya la fijación de una ayuda a tanto alzado a la hectárea para el cultivo del almendro y de los frutos secos en general.

- Deseo de aunar esfuerzos en potenciar las variedades autóctonas de calidad como “Marcona” y “Largueta”, diferenciadas positivamente por el consumidor, que son capaces de proporcionar elementos de calidad que pueden hacer a este sector más competitivo. En esta línea la investigación puede hacer aportaciones importantísimas, contribuyendo a disminuir los aspectos negativos de estas variedades como son la floración temprana, baja producción, falta de selección y mejora del material vegetal, etc.

- Desarrollo y apoyo a la producción y comercialización de frutos secos obtenidos mediante agricultura ecológica. Este tipo de agricultura es de fácil implantación en la mayor parte de las plantaciones de España pero muy difícil para nuestro principal competidor en producción de almendra, USA. Este tipo de agricultura u otra que proporcione alimentos sanos y saludables está cada vez más demandada en Europa, y hacia la obtención de ese tipo de alimentos debemos centrar nuestros esfuerzos.

- El almendro es un cultivo con pocos recursos económicos y consideramos que el sistema experimental de aseguramiento puesto en marcha en 1999 debería mejorarse, para garantizar una renta mínima a sus cultivadores, en los siguientes aspectos:

- El acceso de todos los productores a la contratación del seguro de almendro y su obligación de asegurar la totalidad de la explotación.

- El aumento de la subvención del seguro de almendro, pasando del 25% actual al 45%, que es la subvención percibida por el resto de cultivos incluidos en la OCM de frutas y hortalizas.

- Disminución de la franquicia del 30 al 20% en caso de helada.

Para terminar y como conclusión personal después de mi asistencia a este III Simposio Internacional de Almendro y Pistacho, considero que al cultivo del almendro en España todavía le queda camino que recorrer hasta que encuentre su posición dentro del contexto mundial y con respecto al pistacho espero y deseo que en aquellas zonas en las que se pueda cultivar sirva para diversificar nuestro sector de frutos secos en España.

PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN Y DEL COMERCIO DE LOS FRUTOS SECOS

Jordi Tormo

AEOFRUSE, P. Mostenses 7-1.º, 28015 Madrid, España

Si hay que definir, de forma breve, el marco actual de la producción y del comercio de los frutos secos, y que han condicionado su pasado inmediato, caracterizan su presente y definen su futuro, utilizaría estas tres palabras: unión, integración e imaginación.

La *unión* ha sido el elemento clave para llegar a la actual situación del sector productor de frutos secos de la Unión Europea. Si hace tan sólo diez años nos hubieran insinuado la situación del sector de los frutos secos en España, no habiéramos dado crédito a nuestros interlocutores. Prevalció un espíritu de unión en el momento de crearse y configurarse las primeras Organizaciones de Productores en el año 1989/90, espíritu que también fue la base para la creación de la Asociación Española de Organizaciones de Productores de Frutos Secos y Algarrobas (AEOFRUSE). Por otro lado, la unión de cuantos componemos el sector de los frutos secos ha sido vital para la creación de la corriente de opinión que ha permitido que aquellas organizaciones de productores más antiguas, las "pioneras", tuvieran el reconocimiento por parte de la Unión Europea de la merecida prórroga a los planes de mejora. La unión del sector productivo de base, indistintamente de su vocación inicial, con la industria de segunda transformación, ha creado una imagen internacional del sector valorada; sin embargo, esta unión, con la finalización de los planes de mejora, se ve amenazada; esta amenaza ha sido percibida y asimilada por nuestra sociedad y por nues-

tro gobierno y ha supuesto que nuestro Ministro de Agricultura haya intensificado la presión sobre Bruselas en defensa de muchas familias españolas productoras de frutos secos.

La *integración* es, a su vez, tan necesaria como la unión. Integración es una de las palabras que últimamente aparece en los medios de comunicación y que se aplica a los más diferentes ámbitos: integración social, integración política... La producción y la comercialización de frutos secos europeos disfrutaban en fecha de hoy de una clara integración, que si no fuera por ella no se podría llegar a mantener la ventajosa posición de los frutos secos europeos ante nuestros competidores internacionales. Se establece, de esta manera, una línea conductora de la producción y el mercado, desde la explotación agrícola hasta el lineal del supermercado, que permite afrontar los retos del mercado usando las mejores herramientas y los mejores recursos humanos en cada uno de los eslabones de la cadena de la puesta en el mercado de nuestros frutos secos. También es necesario integrar a nuestros frutos secos en la cada vez más reconocida dieta mediterránea, como el que aporta la energía a nuestro aceite de oliva y a nuestras frutas y verduras, constituyendo un cocktail de gran prestigio entre los amantes de la cocina y el cuidado de la dieta.

Finalmente, la realidad cambiante, muy pocas veces similares a otras situaciones vividas, exige *imaginación* a raudales para

permanecer vivo y afrontar con la exigente competitividad que se requiere para escapar hacia delante y afrontar los nuevos escenarios en la mejor posición. Imaginación como la que en la cocina nos han demostrado recientemente en Reus Adrià y

Arzak, con el ánimo de buscar nuevas utilidades a nuestra avellana y almendra, para potenciar sus cualidades y el buen nombre de cuantos formamos este sector, que es el sector de la *agricultura mediterránea de calidad*.

AVANCES RECIENTES EN LA AUTOCOMPATIBILIDAD DEL ALMENDRO

R. Socías i Company

Unidad de Fruticultura SIA - DGA, Apartado 727,
50080 Zaragoza, España

RESUMEN

La última década ha contemplado la aparición de la aproximación molecular al estudio de la autoincompatibilidad en el almendro, pero no ha resultado tan eficaz en el estudio de la autocompatibilidad, que sigue sin localizar en el genoma del almendro. El concepto de la autogamia ha surgido como íntimamente ligado a la autocompatibilidad con el fin de obtener un buen comportamiento agronómico de un cultivar autocompatible en plantaciones de un único cultivar en la ausencia de insectos polinizadores. Se han identificado nuevas formas autocompatibles en distintas poblaciones muy distantes, ampliándose así las posibilidades de utilización de otras fuentes de autocompatibilidad en la mejora genética del almendro. Todos estos aspectos se revisan con el fin de incidir en los diferentes programas de mejora que incluyen la autocompatibilidad como objetivo prioritario de sus planteamientos, así como en los nuevos cultivares obtenidos en estos programas. Algunas cuestiones, sin embargo, no han obtenido una respuesta satisfactoria, especialmente la transmisión de la autocompatibilidad en algunos cruza-mientos. Por otra parte, la transferencia de algunos cultivares autocompatibles al sector productivo ha sido muy eficiente para la mejora de la producción del almendro.

Palabras clave: Autogamia, Cultivar, Genética, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY

LATEST ADVANCES IN ALMOND SELF-COMPATIBILITY

The last decade has seen the rise of the molecular approach to self-incompatibility in almond, but not so successful with self-compatibility, which remains unmapped in the almond genome. The concept of autogamy has emerged as closely linked to self-compatibility in order to have a good agronomical performance of a self-compatible cultivar in single cultivar orchards in the absence of pollinating insects. New self-compatible forms have been identified among distant almond populations, thus broadening the possibilities of utilization of other sources of self-compatibility in almond breeding. All these aspects are reviewed in order to focus the different breeding programmes aiming to include self-compatibility in almond, as well as to mention the new cultivars released from these programmes. Some questions, however, especially the transmission of self-compatibility in certain crosses, still wait for an adequate answer. On the other side, the transference of some self-compatible cultivars to the growers has been highly successful for the improvement of almond production.

Key words: Autogamy, Cultivar, Genetics, *Prunus amygdalus* Batsch.

Introducción

La autocompatibilidad sigue manteniendo la más alta prioridad entre las características deseables de cualquier cultivar de almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 1998). La incidencia de la autocompatibilidad queda reflejada en los cambios de los dos mayores capítulos sobre la mejora genética del almendro (KESTER y ASAY, 1975; KESTER y GRADZIEL, 1996): en 1975 la autocompatibilidad era sólo uno entre los aspectos de la floración que aparecían juntos en un total de 15 objetivos modernos de la mejora, mientras que en 1996 se dedicó un énfasis especial a la autocompatibilidad y a los programas de mejora que incluyen esta característica entre sus objetivos. Por consiguiente, considerables esfuerzos se han llevado a cabo para obtener nuevos cultivares autocompatibles así como para entender los mecanismos de la transmisión, la regulación y la identificación precoz de la autocompatibilidad con el fin de acelerar el proceso de mejora. Las herramientas más recientes se han aplicado al análisis genético de esta carácter con el fin de localizarlo en el mapa del genoma del almendro. La última década ha visto muchos avances en la aplicación de la genética molecular en el almendro, pero algunas de las cuestiones emplazadas cuando se revisó la mejora genética del almendro para la autocompatibilidad (SOCIAS I COMPANY, 1990) permanecen todavía sin respuesta, especialmente en relación a la transmisión de la autocompatibilidad. El objetivo de este trabajo es pues la revisión de los avances más recientes en este campo excitante durante la última década, examinar los puntos en los que se necesita un mayor esfuerzo de aproximación, y dar cuenta de la creación de nuevos cultivares, que deben cubrir muchos otros requisitos del ideotipo del almendro además de la autocompatibilidad.

Nuevas formas autocompatibles

La revisión de las formas autocompatibles en el almendro (SOCIAS I COMPANY, 1990) mostró que se encuentran limitadas a la orilla septentrional del Mediterráneo central y occidental, probablemente ligadas a la presencia de una especie de almendro silvestre, *P. webbii* (Spach) Vierh. Por consiguiente, no es sorprendente que en la región italiana de la Apulia, donde esta especie silvestre se encuentra en extensas áreas y en la que se han encontrado la mayoría de almendros autocompatibles, la búsqueda de nuevas formas autocompatibles desemboque en su identificación entre los almendros espontáneos. Debido a sus características, especialmente una pepita amarga, probablemente tienen un origen híbrido entre el almendro cultivado y *P. webbii* (GODINI *et al.*, 1992). Además, algunos cultivares tradicionales, quizás no muy bien conocidos y, por ello, no muy bien observados, pueden resultar autocompatibles cuando se estudian con más detenimiento, como ha sucedido con 'Garibaldina' (PALASCIANO y GODINI, 1999).

Si la misma búsqueda se llevara a cabo en las otras zonas donde *P. webbii* crece de forma silvestre, como en España central (FELIPE y SOCIAS I COMPANY, 1977), probablemente se podrían identificar nuevas formas. Posiblemente estas formas no serían relevantes para la mejora del almendro a causa de sus características indeseables, como su ramificación espinosa, aunque podrían poseer otros caracteres interesantes, como resistencia a plagas y enfermedades. Sólo en este caso su utilización merecería atención a causa de las precauciones que hay que adoptar al utilizar especies silvestres en los planes de mejora (GRASSELLY, 1977).

Recientemente se han observado algunas nuevas formas autocompatibles de almendro entre selecciones autóctonas de la India

(KUMAR y KUMAR, 2000), previamente seleccionadas entre grupos de plantas de semilla que se encontraban en una situación de escapes de cultivo o incluso silvestre. La autocompatibilidad era muy frecuente en estas formas, probablemente porque se habían seleccionado por su buena productividad, que está estrechamente correlacionada con la autocompatibilidad (GODINI *et al.*, 1977). Sin embargo, no se puede apuntar ninguna hipótesis sobre el origen de la autocompatibilidad de esta población india de almendros. La transmisión desde una especie silvestre de almendro, como se ha sugerido con los almendros de la Apulia, no es posible, ya que la distribución de las especies de almendro no se extiende tan al este como la India (BROWICZ y ZOHARY, 1996). No se puede descartar un origen híbrido diferente, ya que distintas especies de melocotonero pueden dar origen también a la autocompatibilidad en el almendro (SOCIAS I COMPANYY, 1978). Diferentes melocotoneros silvestre se encuentran en la región india del Himalaya donde crecen estos almendros, así como híbridos naturales entre ellos (KISHORE y RANDHAWA, 1993). Esta posibilidad requiere un examen más detallado, principalmente desde el punto de vista de poder utilizar dos orígenes diferentes de la autocompatibilidad en los planes de mejora del almendro.

Análisis genético

El estudio genético de la autocompatibilidad se ha centrado recientemente en su análisis molecular. Aunque se han publicado interesantes resultados sobre la cartografía de marcadores moleculares en el genoma del almendro, las principales preguntas sobre la transmisión de la autocompatibilidad permanecen sin respuesta y requieren una aproximación más concreta.

Transmisión

El conocimiento de la transmisión de la autocompatibilidad no ha sufrido cambios desde hace una década (SOCIAS I COMPANYY, 1990): la autocompatibilidad es dominante sobre la autoincompatibilidad y los cultivares autocompatibles utilizados en los programas de mejora son heterocigóticos. Se han observado desviaciones en algunos cruzamientos, atribuidas a la identidad de los alelos *S*, aunque ello parece que no tiene lugar en todos los cruzamientos en los que intervienen alelos de autoincompatibilidad idénticos (SOCIAS I COMPANYY y FELIPE, 1994), por lo que se han sugerido factores como la consanguinidad o la presencia de genes letales o deletéreos para explicar estas desviaciones (SOCIAS I COMPANYY, 1990).

Comentarios posteriores sobre la transmisión de la autocompatibilidad (DICENTA *et al.*, 1993; ROVIRA *et al.*, 1998; STYLIANIDIS *et al.*, 1992) confirman estas hipótesis, pero el problema de estas desviaciones inexplicadas permanece sin respuesta. Por consiguiente, una aproximación más detallada se está llevando a cabo para estudiar el comportamiento diferente de las descendencias de los cruzamientos 'Ferragnès' x 'Tuono', 'Ferralise' x 'Tuono' y sus recíprocos (ALONSO y SOCIAS I COMPANYY, sin publicar; DUVAL *et al.*, 1999).

El análisis de RNasas

La utilización de un electroenfoque de gradiente de pH en desequilibrio y de una tinción apropiada ha permitido la identificación de los alelos *S* de incompatibilidad por primera vez en almendro al nivel molecular (BOŠKOVIĆ *et al.*, 1997) gracias a las ribonucleasas estilares (RNasas). Sin embargo, el alelo para la autocompatibilidad parece que

no codifica para una actividad de ribonucleasa en el almendro. Todas las bandas se han asignado a los distintos alelos *S*, mientras que la presencia de una sola banda se considera un índice de autocompatibilidad (Bošković *et al.*, 1998). Sin embargo, no se ha encontrado una correspondencia completa entre una única banda de RNasa y la autocompatibilidad (Bošković *et al.*, 1999), probablemente porque la separación de bandas no es siempre completa y los productos de dos alelos diferentes pueden coincidir en una banda única. Posiblemente esta técnica debe mejorarse para separar mejor las bandas o para hacer visible una segunda banda que se corresponda al alelo *S_f* de autocompatibilidad, ya que anteriormente se había sugerido equívocamente una banda correspondiente al mismo (Bošković *et al.*, 1997).

TAO *et al.* (1997) han realizado otro intento de aproximación con la electroforesis de proteínas estilares y la tinción de la actividad RNasa así como por isoelectroenfoque, pero su estudio se limitó a diferentes alelos de autoincompatibilidad, ya que no se incluyó ningún cultivar autocompatible en su estudio. Esta línea de investigación se ha continuado con la clonación y la caracterización de los cDNAs que codifican para las *S*-RNasas (MA y OLIVEIRA, 2000; USHIJIMA *et al.*, 1998) y la identificación de los genotipos *S* por análisis específico PCR de los alelos (TAMURA *et al.*, 2000). Sin embargo, todas estas aproximaciones interesantes se han limitado a los alelos de autoincompatibilidad y esta técnica todavía no se puede utilizar para la identificación de plantones autocompatibles, como se necesita en un programa de mejora. A pesar de estas limitaciones, esta línea probablemente ofrecerá buenas oportunidades en el futuro, como se ha hecho en el albaricoquero japonés *P. mume* Sieb. et Zucc. (TAO *et al.*, 2000).

Cartografía

Se ha sugerido que la autocompatibilidad en el almendro es alélica al locus *S* de los alelos de autoincompatibilidad, aunque los actuales resultados no han confirmado esta hipótesis (SOCIAS 1 COMPANY, 1990). Sin embargo, nuestros resultados sobre la transmisión de la autocompatibilidad a través de varios retrocruzamientos con cultivares autoincompatibles pueden ser una evidencia que, como en *Lycopersicon peruvianum*, la mutación que rige la autocompatibilidad puede haber tenido lugar en el locus *S* (RIVERS y BERNATZKY, 1994).

Por consiguiente, los esfuerzos de cartografía se han dirigido hacia la identificación del locus de la autoincompatibilidad porque de momento no se ha podido localizar la autocompatibilidad con los resultados actuales. El primer mapa en el almendro (VIRUEL *et al.*, 1995) sólo consiguió localizar marcadores, sin caracteres agronómicos, aunque se observaron segregaciones distorsionadas que apuntan a un efecto parental en el cruce 'Ferragnès' x 'Tuono', lo que podría relacionarse con las distorsiones observadas en la transmisión de la autocompatibilidad en la descendencia de este cruzamiento. El mapa más reciente del almendro (JOUBEUR *et al.*, 2000) todavía se limita sólo a marcadores moleculares, sin información sobre cualquier carácter, tampoco la autocompatibilidad.

La autoincompatibilidad se localizó en el extremo del grupo de ligamiento 6 en el mapa de 'Ferragnès' (BALLESTER *et al.*, 1998) utilizando resultados del estudio de las RNasas. Sin embargo, como sólo se encontró una banda en 'Tuono' y en la descendencia de su cruzamiento, presumiblemente toda autocompatible, no se encontró ninguna segregación de las isozimas de

RNasas con ningún locus del mapa de 'Tuono'. La ausencia de una banda identificadora de S_f en la electroforesis de RNasas y la imposibilidad de localizar su locus puede apuntar a la naturaleza alélica de la autocompatibilidad y la autoincompatibilidad, pudiendo ser la autocompatibilidad el resultado de una delección en el locus de la autoincomaptibilidad.

No se conoce ningún intento de aplicar el análisis segregante de conjunto (MICHELMO-RE *et al.*, 1991) a la detección de la auto-compatibilidad en el almendro, aunque este camino podría ser extremadamente útil desde un punto de vista práctico en la mejora del almendro porque no se requiere un conocimiento previo del genoma ni el desarrollo de un mapa genético para obtener marcadores ligados a un determinado gen.

Aspectos fisiológicos y morfológicos

La parte comercial del almendro es una semilla, por lo que la polinización y la fertilización del óvulo son de una importancia crucial para obtener una cosecha aceptable. Por ello se ha dedicado desde hace tiempo una atención especial a los procesos de polinización, crecimiento de los tubos polínicos y desarrollo del óvulo, tanto en los cultivares autocompatibles como en los autoincompatibles.

La autocompatibilidad no puede considerarse sólo un carácter genético, sino que debe ser también una propiedad agronómica de un determinado cultivar para que pueda dar una cosecha comercial en plantaciones de un solo cultivar y en la ausencia de insectos polinizadores. Por ello, la evaluación de la autocompatibilidad en el almendro requiere, en primer lugar, un crecimiento

similar de los tubos polínicos tanto después de una autopolinización como de una polinización cruzada con polen compatible; en segundo lugar, este buen crecimiento de los tubos polínicos debe resultar en cuajados similares después de los dos tipos de polinización; en tercer lugar, estos cuajados deben alcanzar el nivel de una cosecha comercial; y en cuarto lugar, estos cuajados deben conseguirse por autogamia (DICENTA *et al.*, 1999; SOCIAS I COMPANYY, 1995).

El crecimiento de los tubos polínicos a través del estilo ha confirmado repetidas veces la autocompatibilidad de muchos cultivares (BEN NJIMA y SOCIAS I COMPANYY, 1995; SOCIAS I COMPANYY y FELIPE, 1992). Sin embargo, la progresión de los tubos polínicos a lo largo del obturador hacia el micropilo se ha observado sólo en 'Lauranne' sin compararlo con un cultivar autoincompatible (COUSIN y EL MAATOU, 1998), aunque no se deberían esperar diferencias si después se obtienen cuajados similares. Sin embargo, aunque no se observaron diferencias en el crecimiento de los tubos polínicos en 'Tuono', hubo un retraso en la fertilización después de la autopolinización (OUKABLI *et al.*, 2000). Este retraso refuerza la importancia de una polinización temprana para conseguir un período efectivo de polinización largo, que por otra parte se aseguraría por una autogamia efectiva que permita un contacto temprano de las anteras y el estigma.

El nivel de la cantidad de polen sobre el estigma de un cultivar compatible puede influir en el nivel de la cosecha y en la calidad del fruto (TORRE GROSSA *et al.*, 1994). Como consecuencia de ello, una morfología de la flor que permita un contacto cercano entre el estigma y las anteras y así un buen depósito de polen sobre el estigma (BERNAD y SOCIAS I COMPANYY, 1995; GODINI *et al.*, 1992) podría ser el requisito primordial para

una autogamia completa de un cultivar auto-compatible (GODINI *et al.*, 1994; SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1992; VARGAS *et al.*, 1998).

Las flores del almendro muestran grandes variaciones en la longitud del pistilo y en la posición de los estambres, siendo preferible una longitud de pistilo que sea intermedia entre la de los estambres. Como en algunos cultivares el estilo puede estar curvado en su parte superior, en algunos casos los estigmas se pueden polinizar por anteras colocadas justo por debajo de su nivel (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1993).

Programas de mejora y obtención de cultivares

El aspecto de los programas de mejora del almendro ha cambiado durante la última década. Algunos programas se han ralentizado mientras que otros han aparecido con una fuerza emergente en relación a la autocompatibilidad. Recientemente no se han publicado muchos comentarios sobre el programa tunecino o el griego (STYLIANIDIS *et al.*, 1992).

En Italia, el programa del Istituto Sperimentale per la Frutticoltura no ha ofrecido muchos resultados últimamente y la muerte de Francesco Monastra en 1997 puede haber reducido las actividades sobre el almendro. El programa de la Universidad de Bari, sin embargo, está en el camino de dar algunos resultados porque 11 selecciones ya se encuentran en fase de evaluación final (PALASCIANO *et al.*, 1998). En este programa se han utilizado diferentes cultivares auto-compatibles de la Apulia con el cultivar francés 'Ferragnès'.

El prometedor programa francés ha dado resultados interesantes. Así, en 1990 se registraron dos nuevos cultivares autocompatibles (GRASSELLY *et al.*, 1992), 'Lauranne' y 'Steliette', aunque de momento parece que el primero se planta más que 'Steliette' (DUVAL y GRASSELLY, 1994). Ambos cultivares proceden del cruzamiento 'Ferragnès' x 'Tuono', pero posteriormente se ha dirigido en este programa a otros orígenes de la autocompatibilidad, incluyendo especies silvestres (GRASSELLY *et al.*, 1992). Aunque el programa francés se ha ralentizado después de la jubilación de Charles Grasselly, todavía es productivo y recientemente se ha registrado un nuevo cultivar autocompatible, 'Mandaline' (DUVAL, 1999), que procede del cruzamiento 'Ferralise' x 'Tuono', así que ha heredado la autocompatibilidad del mismo cultivar que las obtenciones de la mayoría de los otros programas (SOCIAS I COMPANY, 1990).

En España, el programa del IRTA en Mas Bové ha introducido la autocompatibilidad como objetivo en sus cruzamientos más recientes, incluyendo su evaluación en las nuevas descendencias (ROVIRA *et al.*, 1998) así como la autogamia (VARGAS *et al.*, 1998). Como resultado de su reciente introducción en el programa, todavía no se han registrado cultivares autocompatibles en el mismo, aunque son previsibles en un futuro próximo. Otros cultivares italianos además de 'Tuono' así como cultivares y selecciones franceses derivadas de 'Tuono' se han utilizado como parental autocompatible en este programa.

También en España, el programa del CEBAS (Murcia) recalcó la autocompatibilidad como un objetivo prioritario desde el principio. Como resultado del programa se han registrado cinco cultivares autocompatibles: 'Antoñeta', 'Teresa', 'Almenara' (las tres 'Tuono' x 'Ferragnès'), 'Marta' ('Ferragnès' x

'Tuono') y 'Marita' ('Genco' x 'Ferragnès') (GARCÍA *et al.*, 1996). Sin embargo, sólo dos de ellas, 'Antoñeta' y 'Marta', se han comercializado para su plantación (EGEA *et al.*, 1999). De nuevo 'Tuono', así como 'Ferragnès', han sido cruzados repetidamente en este programa, que actualmente prosigue y del cual se esperan nuevos avances.

Nuestro programa de Zaragoza fue el primero que obtuvo en 1987 nuevos cultivares autocompatibles procedentes de un programa de cruzamientos. El trabajo de mejora ha proseguido y tres nuevos cultivares autocompatibles se han registrado en 1997 (SOCIAS I COMPANYY y FELIPE, 1999), 'Blancherna' ('Genco' OP), 'Cambra' ('Tuono' x 'Ferragnès') y 'Felsia' ('Titan' x 'Tuono'), caracterizados por el diferente aspecto de sus pepitas por lo que se adaptan a diferentes posibilidades comerciales así como por sus diferentes épocas de floración, siendo 'Felsia' el cultivar de floración más tardía registrado de momento (SOCIAS I COMPANYY *et al.*, 1999).

Australia ha aparecido con un nuevo programa en la mejora del almendro. Empezó en 1997 y la autocompatibilidad es uno de los objetivos de los nuevos cultivares (BERTOZZI *et al.*, 1998). Es un programa nuevo con mucha fuerza, pero todavía deben pasar algunos años antes de que pueda ofrecer resultados.

El importante programa de la Universidad de California ha dado una atención intermitente a la autocompatibilidad y realmente los primeros intentos de obtener cultivares autocompatibles se llevaron a cabo en California (KESTER, 1970). También los mejoradores privados han intentado la obtención de cultivares autocompatibles, como 'Le Grand', cuyo comportamiento no es completamente satisfactorio en su autocompatibilidad (WEINBAUM, 1985). Esta

línea de mejora se ha acentuado últimamente (GRADZIEL y KESTER, 1998), principalmente por el medio clásico de transferir la autocompatibilidad desde otra especie, incluyendo tanto especies del tipo melocotonero (*P. persica* (L.) Batsch y *P. mira* Koehne) como del tipo almendro (*P. webbii*, *P. fenziiana* Fritsch y *P. argentea* (Lam.) Rehd.). La utilización de estas otras especies, que normalmente tienen pepitas amargas, acentúa la importancia de cultivares homocigóticos para la pepita dulce para evitar la presencia de plantas con pepita amarga en las descendencias del plan de mejora (LEDBETTER y PYNTEA, 2000). Actualmente se realizan ensayos de campo para la evaluación de las selecciones avanzadas, pero de momento no se han registrado nuevos cultivares. El mejor comportamiento de las selecciones derivadas de *P. webbii* puede estar relacionado con la hipótesis de la transferencia de la autocompatibilidad desde *P. webbii* a los almendros autocompatibles de la Apulia (GODINI, 1979). Sólo el mejorador privado C.F. Zaiger ha registrado 'Garden Princess' como cultivar autocompatible (GRADZIEL, 2000), siendo una planta procedente de la autopolinización de un híbrido melocotonero x almendro. Como sólo se dispone de una descripción sucinta de este nuevo cultivar, su origen híbrido permite ofrecer dudas acerca de su comportamiento agronómico.

Conclusión

Aunque limitada a un número reducido de programas, la mejora del almendro se puede considerar extremadamente activa y está dando un nuevo aspecto al cultivo del almendro a pesar de que los cambios en cualquier especie frutícola son lentos. Las últimas

herramientas genéticas (marcadores moleculares, cartografía...) se han aplicado al almendro, aunque no todavía desde un punto de vista práctico (SOCIAS I COMPANY, 1998). Algunas cuestiones sobre la transmisión de la autocompatibilidad permanecen sin una respuesta y requieren una atención más concreta.

El análisis de las RNasas estilares está ayudando a identificar los alelos *S* y puede ser útil para diseñar los cruzamientos en el proceso de mejora para aumentar la posibilidad de obtener plantas autocompatibles (BATLLE *et al.*, 1998; DICENTA *et al.*, 1993). Sin embargo, este diseño probablemente sólo se podrá aplicar en unos pocos casos porque los parentales se deben elegir por otras características, especialmente agronómicas, más que por la presencia de determinados alelos de autoincompatibilidad. También la idea de crear plantas homocigóticas *S_f* que darían sólo descendientes autocompatibles cuando se utilizaran como parentales (BATLLE *et al.*, 1999) puede ser cuestionable porque todavía no se han identificado plantas homocigóticas *S_f* probablemente debido a la naturaleza de la mutación para la autocompatibilidad, que puede ser una delección, cuestionando por ello la viabilidad de estas plantas. Además, si estas plantas se pudieran obtener, su utilidad como parental en un programa de mejora podría no ser siempre recomendable, ya que probablemente la utilización de buenos parentales, aunque heterocigóticos, pueda ofrecer mejores oportunidades de selección en la descendencia si se aplican criterios de selección apropiados.

La presencia de plantaciones de un único cultivar con las primeras obtenciones de los programas de mejora, como 'Guara' y 'Lauranne', muestra que el cambio del cultivo del almendro hacia plantaciones de un solo cultivar para resolver algunos de los problemas de polinización y de cultivo ya se ha iniciado

y que va a continuar con los cultivares ya registrados o que se puedan obtener en un plazo breve en los diferentes programas de mejora (SOCIAS I COMPANY, 1999). Aunque los cambios en una especie frutal son lentos, en el almendro la evidencia muestra que la transferencia de los cultivares autocompatibles hacia el sector productivo ha sido enormemente eficaz y previsiblemente continuará para mejorar el cultivo del almendro.

Agradecimientos

Revisión realizada en el proyecto AGF 98-0211-C03-01 (CICYT). Se agradecen los comentarios de A.J. Felipe e I. Hormaza.

Bibliografía

- BALLESTER J., BOŠKOVIĆ R., BATLLE I., ARÚS P., VARGAS F.J., VICENTE M.C. DE. 1998. Location of the self-incompatibility gene on the almond linkage map. *Plant Breed.* 117: 69-72.
- BATLLE I., BALLESTER J., BOŠKOVIĆ R., ROMERO M.A., TOBUTT K.R., VARGAS, F.J. 1997. Use of stylar ribonucleases in almond breeding to design crosses and select self-compatible seedlings. *Nucis* 6: 12-14.
- BATLLE I., TANRIVER E., LAKHAL H., ROMERO M.A., VARGAS F.J. 1999. Use of stylar ribonucleases in almond breeding. XI Coll. GREMPA. Sanlúcar, 1-4 Septiembre 1999, 24.
- BEN NJIMA N., SOCIAS I COMPANY R. 1995. Characterization of some self-compatible almonds. I. Pollen tube growth. *HortScience* 30: 318-320.
- BERNAD D., SOCIAS I COMPANY R. 1995. Characterization of some self-compatible almonds. II. Flower phenology and morphology. *HortScience* 30: 321-324.
- BERTOZZI T., BENNETT C., SEDGLEY M. 1998. Almond improvement in Australia. *Nucis* 7: 10-11.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., BATLLE I., DUVAL H. 1997. Correlation of ribonuclease zymograms and incom-

- patibility genotypes in almond. *Euphytica* 97: 167-176.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., DUVAL H., ROVIRA M., ROMERO M., BATLLE I., DICIENTA F. 1998. Inheritance of stylar ribonucleases in two almond progenies and their correlation with self-compatibility. *Acta Hort.* 470: 118-122.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., DUVAL H., BATLLE I., DICIENTA F., VARGAS F.J. 1999. A stylar ribonuclease assay to detect self-compatible seedlings in almond progenies. *Theor. Appl. Genet.* 99: 800-810.
- COUSIN M., EL MAATOUH M. 1998. Female reproductive organs in self-compatible almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb) Lauranne and fertilization patterns. *Scientia Hort.* 72: 287-297.
- DICIENTA F., GARCÍA J.E. 1993. Inheritance of self-compatibility in almond. *Heredity* 70: 313-317.
- DICIENTA F., ORTEGA E., CANOVAS J.A., EGEA J. 1999. Self-pollination versus cross-pollination of six self-compatible almond cultivars: pollen tube growth and fruit set. XI Coll. GREMPA, Sanliurfa, 1-4 Septiembre 1999, 100.
- DUVAL H. 1999. 'Mandoline', a new French almond variety. *Nucis* 8: 36.
- DUVAL H., BOUTARD A., FAUROBERT M. 1999. Analysis of stylar ribonucleases (S-RNases) in an almond progeny of 'Ferralise' x 'Tuono'. XI Coll. GREMPA, Sanliurfa, 1-4 Septiembre 1999, 14.
- DUVAL H., GRASSELLY C. 1994. Behaviour of some self-fertile almond selections in the southeast of France. *Acta Hort.* 373: 69-74.
- EGEA J., DICIENTA F., BERENGUER T. 1999. Antoñeta y Marta: dos nuevas variedades de almendro auto-compatibles y de floración tardía. *Frutic. Prof.* 104: 48-53.
- FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANYY R. 1977. Un amandier sauvage, probablement *A. webbii*, non encore mentionné en Espagne. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7- Octobre 1977, 78-79.
- GARCÍA J.E., DICIENTA F., BERENGUER T., EGEA J. 1996. New self-compatible late flowering almond cultivars obtained in CEBAS-CSIC, Murcia. *Nucis* 5: 23-24.
- GODINI A. 1979. Ipotesi sulla comparsa dell'autocompatibilità nel mandorlo. *Riv. Sci. Tecn. Agrar.* 19(2/3): 3-10.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1992a. Role of self-pollination and reciprocal stigma/anthers position on fruit set of eight self-compatible almonds. *HortScience* 27: 887-889.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1992b. Sur l'autocompatibilité de quelques cultivars amers parmi la population d'amandiers des Pouilles. *Rap. EUR* 14081: 19-25.
- GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M. 1994. Self-fertile almonds and fruit set by optimized self- and cross-pollination. *Acta Hort.* 373: 157-160.
- GRADZIEL T.M. 2000. Almond. In: Register of new fruit and nut varieties. List 40. *HortScience* 35: 812.
- GRADZIEL T.M., KESTER D.E. 1998. Breeding for self-fertility in California almond cultivars. *Acta Hort.* 470: 109-117.
- GRASSELLY C. 1977. Réflexions sur les caractéristiques des espèces sauvages d'amandier et sur leur utilisation dans des programmes d'amélioration génétique. III Coll. GREMPA, Bari, 3-7- Octobre 1977, 70-77.
- GRASSELLY C., OLIVIER G., NIBOUCHA A. 1992. Le caractère "autocompatibilité" de l'amandier dans le programme de l'I.N.R.A. *Rap. EUR* 14081: 9-17.
- JOOBEUR T., PERIAM N., VICENTE M.C. DE, KING G.J., ARÚS, P. 2000. Development of a second generation linkage map for almond using RAPD and SSR markers. *Genome* 43: 649-655.
- KESTER D.E. 1970. Transfer of self-fertility from peach (*Prunus persica* L.) to almond (*Prunus amygdalus* Batsch). *West. Sec. Amer. Soc. Hort. Sci., Berkeley* (Abstract).
- KESTER D.E., ASAY R. 1975. Almonds. En: J. Janick y J.N. Moore (eds.): *Advances in fruit breeding*. Purdue Univ. Press, West Lafayette, Ind., pp. 387-419.
- KESTER D.E., GRADZIEL T. 1996. Almonds. En: J. Janick y J.N. Moore (eds.): *Fruit breeding*, vol 3. John Wiley & Sons, New York, pp. 1-97.
- KISHORE D.K., RANDHAWA S.S. 1993. Wild germplasm of temperate fruits. En: K.L. Chadha y O.P. Pareek (Ed.): *Advances in Horticulture*, vol 1 - Fruit Crops Part 1. Mahotra Publ. House, New Delhi, India, pp. 227-241.
- KUMAR K., KUMAR U. 2000. Evidence of self-compatibility in indigenous almond (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb) selections from India. *J. Amer. Pomol. Soc.* 54 (2): 68-71.

- LEDBETTER C.A., PYNTEA M.A. 2000. The significance of kernel bitterness in the context of breeding almonds for self-compatibility. *J. Genet. Breed.* 54: 221-225.
- MA R.C., OLIVEIRA M.M. 2000. The RNase PD2 gene of almond (*Prunus dulcis*) represents an evolutionary distinct class of S-like RNase genes. *Mol. Gen. Genet.* 263: 925-933.
- MICHELMORE R.W., PARAN I., KESSELI R.V. 1991. Identification of markers linked to disease resistance genes in specific regions using segregating populations. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 88: 9828-9832.
- OUKABLI A., LANSARI A., WALLALI D.L., ABOUSALIM A., EGEA J., MICHAUX-FERRIERE N. 2000. Self and cross pollination effects on pollen tube growth and fertilization in self-compatible almond *Prunus dulcis* 'Tuono'. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75: 739-744.
- PALASCIANO M., GODINI A. 1999. Garibaldina, an old and interesting self-fruitful Apulian almond. XI Coll. GREMPA, Sanliurfa, 1-4 Septiembre 1999, 89.
- PALASCIANO M., LOGOLUSO V., GODINI A., CARIELLO F. 1998. Evaluation of self-compatible offspring of almond hybrids 'Ferragnès' x 'Falsa barese', 'Ferragnès' x 'Genco' and 'Ferragnès' x 'Tuono'. *Cah. Options Méditerran.* 33: 151-155.
- RIVERS B.A., BERNATZKY R. 1994. Protein expression of a self-compatible allele from *Lycopersicon peruvianum*: introgression and behavior in a self-incompatible background. *Sex. Plant Reprod.* 7: 357-362.
- ROVIRA M., CLAVÉ J., ROMERO M., SANTOS J., VARGAS F.J. 1998. Self-compatibility in almond progenies. *Acta Hort.* 470: 66-71.
- SOCIAS I COMPANY R. 1990. Breeding self-compatible almonds. *Plant Breed. Rev.* 8: 313-338.
- SOCIAS I COMPANY R. 1995. Self-compatibility in almond: always a new deal. *Nucis* 3: 3-5.
- SOCIAS I COMPANY R. 1998. Fruit tree genetics at a turning point: the almond example. *Theor. Appl. Genet.* 98: 588-601.
- SOCIAS I COMPANY R. 1999. Situación actual del cultivo del almendro en España. *Vida Rural* 96: 56-60.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1992. Self-compatibility and autogamy in 'Guara' almond. *J. Hort. Sci.* 67: 313-317.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1993. La autogamia. Un nuevo reto en el almendro. *HortoFruticultura* 4(11): 59-62.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1994. Cross-incompatibility of 'Ferragnès' and 'Ferralise': implications for self-compatibility transmission in almond. *Acta Hort.* 373: 153-156.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1999. 'Blanquerna', 'Cambra' y 'Felsia'. Tres nuevos cultivares autógamos de almendro. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 95V: 111-117.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J. 1999. A major gene for flowering time in almond. *Plant Breed.* 118: 443-448.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., GARCÍA J.E., DÍCENTA F. 1998. The ideotype concept in almond. *Acta Hort.* 470: 51-56.
- STYLIANIDIS D.C., ISAAKIDIS A.M., MICHAELIDIS Z.S. 1992. Studies on the inheritance of self-compatibility and other characters in F1 hybrids of Truoto x Ferragnès. *Rap. EUR* 14081: 51-65.
- TAMURA M., USHIJIMA K., SASSA H., HIRANO H., TAO R., GRADZIEL T.M., DANDEKAR A.M. 2000. Identification of self-incompatibility genotypes of almond by allele-specific PCR analysis. *Theor. Appl. Genet.* 101: 344-349.
- TAO R., HABU T., YAMANE H., SUGIURA A., IWAMOTO K. 2000. Molecular markers for self-compatibility in Japanese apricot (*Prunus mume*). *HortScience* 35: 1121-1123.
- TAO R., YAMANE H., SASSA H., MORI H., GRADZIEL T.M., DANDEKAR A.M., SUGIURA A. 1997. Identification of stylar RNases associated with gametophytic self-incompatibility in almond (*Prunus dulcis*). *Plant Cell Physiol.* 38: 304-311.
- TORRE GROSSA J.P., VAISSIÈRE B.E., RODET G., BOTELLA L., COUSIN M. 1994. Besoins en pollinisation de la variété d'amandier auto-compatible "Lauranne". *Acta Hort.* 373: 145-152.
- USHIJIMA K., SASSA H., TAO R., YAMANE H., DANDEKAR A.M., GRADZIEL T.M., HIRANO H. 1998. Cloning and characterization of cDNAs encoding S-RNases from almond (*Prunus dulcis*): primary structural features and sequence diversity of the S-RNases in Rosaceae. *Mol. Gen. Genet.* 260: 261-268.

- VARGAS F.J., CLAVÉ J., ROMERO M., BATLLE I., ROVIRA M. 1998. Autogamy studies on almond progenies. *Acta Hort.* 470: 74-81.
- VIRUEL M.A., MESSEGUER R., VICENTE M.C. DE, GARCÍA-MAS J., PUIGDOMÈNECH P., VARGAS F.J., ARÚS P. 1995. A linkage map with RFLP and isozyme markers for almond. *Theor. Appl. Genet.* 91: 964-971.
- WEINBAUM S.A. 1985. Role of natural self-pollination in self-fruitfulness in almond. *Scientia Hort.* 27: 295-302.

DISEÑO DE CRUZAMIENTOS EN ALMENDRO PARA MEJORA POR AUTOCOMPATIBILIDAD UTILIZANDO RIBONUCLEASAS ESTILARES

M. López, M. Mnejja, M.A. Romero, F.J. Vargas, I. Batlle

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA),
Centre de Mas Bové, Departament d'Arboricultura
Mediterrània, Apartat 415, E-43280 Reus, España

RESUMEN

La utilización de los genotipos S de auto-incompatibilidad en la mejora genética del almendro para autocompatibilidad es una herramienta muy útil, ya que mediante el diseño de los cruzamientos se pueden obtener descendencias 100% autocompatibles, empleando un parental masculino autocompatible y un parental femenino que posea un alelo en común con él. Por lo tanto, la elección adecuada del sentido de cruzamiento es fundamental para obtener descendencias autocompatibles. En este trabajo se presentan los resultados de dos cruzamientos entre cultivares que poseen un alelo S_i en común, siendo uno de los parentales autocompatible. Se comparan los resultados de autocompatibilidad obtenidos en individuos derivados de los cruzamientos 'Masbovera' ($S_i S_o$) x 'Genco' ($S_i S_j$) y 'Falsa Barese' ($S_i S_j$) x 'Desmayo Langueta' ($S_i S_s$). De cada cruzamiento, 31 y 54 individuos respectivamente fueron embolsados en campo en la época de floración para determinar el porcentaje de cuajado de frutos posterior a su autopolinización. Todos los individuos fueron también analizados en laboratorio para ribonucleasas estilares y los zimogramas obtenidos fueron interpretados. Los resultados de campo mostraron que cerca de un 100% de los individuos del cruzamiento 'Masbovera' x 'Genco' son autocompatibles tal y como estaba previsto, y sólo alrededor de un 50% de los individuos del cruzamiento 'Falsa Barese' x 'Desmayo Langueta' son autocompatibles. Las proteínas estilares fueron extraídas y separadas electroforéticamente mediante electro-enfoque en gradiente de pH no equilibrado, y los geles de poliacrilamida fueron teñidos para actividad ribonucleasa, revelando que todos los individuos del cruzamiento 'Masbovera' x 'Genco' y alrededor de un 50% de los individuos del cruzamiento 'Falsa Barese' x 'Desmayo Langueta' poseen el alelo S_j . Aunque ambas progenies dieron descendientes autocompatibles, el diseño apropiado del sentido de cruzamiento y la elección de los parentales doblan la obtención de individuos autocompatibles.

Palabras clave: Almendro, *Prunus dulcis*, Autocompatibilidad, Mejora, Alelos S , Cuajado, Electroforesis, Ribonucleasas.

SUMMARY

CROSS DESIGN FOR SELF-COMPATIBILITY IN ALMOND BREEDING USING STYLAR RIBONUCLEASES

The use of the incompatibility S genotype in almond breeding for self-compatibility is an useful tool as 100% of self-compatible seedlings can be obtained by cross design, using the self-compatible parent as male and having the female parent one allele in common. Thus choosing the crossing side is essential to raise all self-compatible seedlings. In this work the results of two crosses between cultivars having one S_i allele in common and

being one of the parents self-compatible are reported. Results of self-compatibility in seedlings derived from these crosses, 'Masbovera' ($S_f S_g$) x 'Genco' ($S_f S_f$) and 'Falsa Barese' ($S_f S_f$) x 'Desmayo Langueta' ($S_f S_s$), are compared. Thirty-one and 54 seedlings from each cross respectively were bagged in the field at flowering time to determine fruit set after selfing. All the seedlings were also analysed in the laboratory for stylar ribonucleases and zymograms were observed. Field results showed that almost 100% of the seedlings derived from 'Masbovera' x 'Genco' are self-compatible as predicted and only about 50% of the seedlings derived from the cross 'Falsa Barese' x 'Desmayo Langueta' are self-compatible. Stylar protein were extracted and separated electrophoretically using non-equilibrium pH gradient electrophoresis (NEPHGE), and the polyacrylamide gels stained for ribonuclease activity revealing that all seedlings from 'Masbovera' x 'Genco' carry the S_f allele and only about the 50% of the seedlings from 'Falsa Barese' x 'Desmayo Langueta' are carrying the S_f allele. Both progenies gave self-compatible seedlings although cross design could improve by doubling their yield choosing suitable parental combinations.

Key words: Almond, *Prunus dulcis*, Self-compatibility, Breeding, S alleles, Fruit set, Electrophoresis, Ribonucleases.

Introducción

El almendro es una especie auto-incompatible y el programa de mejora genética del IRTA tiene como objetivo obtener cultivares autocompatibles con un buen nivel de autogamia (VARGAS *et al.*, 1998). De esta forma, las nuevas plantaciones no requerirían dos o más cultivares con época de floración coincidente, se reduciría la dependencia en las abejas para asegurar la cosecha y la recolección se vería facilitada al asegurar la misma época de maduración y el mismo tipo de almendra. En el género *Prunus*, la autocompatibilidad es controlada por el gen multialélico S con expresión gametofítica (CRANE y BROWN, 1937; CRANE y LAWRENCE, 1947; LEWIS y CROWE, 1954). Una selección de almendro comercialmente interesante debería disponer de un porcentaje de cuajado de frutos y una calidad de fruto similares después de auto o inter-polinización (KESTER y ASAY, 1975). Como el alelo compatible (S_f) es dominante sobre los otros, la descendencia puede heredar la autocompatibilidad (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1977; GRASSELLY *et al.*, 1981).

Desde 1993 los cruzamientos de almendro en el IRTA Mas Bové se planifican considerando los genotipos S de los parentales. Utilizando la información obtenida por el análisis de las RNasas estilares sobre el genotipo S de los parentales es posible diseñar cruzamientos para obtener toda la descendencia auto-compatible (BATLLE *et al.*, 1997).

Se han analizado las RNasas estilares de los individuos de dos progenies derivadas de parentales con un alelo en común, de las cuales una segrega para autocompatibilidad, y se han comparado los resultados con el porcentaje de cuajado posterior al embolsamiento para la identificación de individuos autocompatibles.

Materiales y métodos

Se han estudiado dos progenies derivadas de cruzamientos semicompatibles realizados en el IRTA Mas Bové. El cruzamiento 'Falsa Barese' ($S_f S_f$) x 'Desmayo Langueta' ($S_f S_s$) se realizó en 1993 desconociendo los

genotipos *S* de los parentales y dio 54 individuos, de los cuales la mitad deberían ser autocompatibles. El cruzamiento 'Masbovera' ($S_I S_9$) x 'Genco' ($S_I S_9$), realizado en 1997 conociendo los genotipos *S* de los parentales, dio 31 individuos, los cuales deberían ser autocompatibles.

La evaluación en campo de los individuos para la autocompatibilidad se realizó durante dos años (2000 y 2001). Para la familia 'Falsa Barese' x 'Desmayo Largueta' existe información adicional de cuajado de frutos de los 3 años anteriores (1997-1999). Para la familia 'Masbovera' x 'Genco' sólo 4 individuos disponían de datos de cuajado en campo de dos años. Para evaluar la autocompatibilidad en campo, se embolsaron como mínimo 100 flores por individuo. El conteo de frutos cuajados se realizó 40 días después de la plena floración y antes de la caída natural de frutos (GRASSELLY *et al.*, 1981). Aquellos individuos que mostraron un porcentaje de cuajado superior al 4% se consideraron autocompatibles en campo. Este nivel de cuajado está normalmente aceptado en la mayoría de programas de mejora de almendro, siendo dependiente de las condiciones climáticas.

Todos los individuos de ambas familias fueron analizados para actividad ribonucleasa para conocer su genotipo *S*. De las flores recogidas en estado D, se cortaron los estilos, incluyendo los estigmas. También se recogieron los estilos de los parentales. Para la extracción de proteínas estilares se siguió el método establecido por Bošković *et al.* (1997).

Las proteínas estilares se separaron electroforéticamente en geles verticales de poliacrilamida (aparato de electroforesis CBS, DASG-400). La separación electroforética siguió las condiciones NEPHGE descritas por Bošković *et al.* (1997 y 1999), y com-

prendían 1h a 150 V, 2h a 300 V y 2h a 400 V. La tinción de los geles para actividad ribonucleasa siguió Bošković *et al.* (1997). Los alelos de incompatibilidad se asociaron a las bandas principales visibles en los zimogramas.

Resultados

Evaluación en campo de la autocompatibilidad: Cuajado de frutos

Para la familia 'Falsa Barese' x 'Desmayo Largueta', 33 de los 54 individuos analizados (61,1%) se consideraron autocompatibles en campo (cuadro 1). El porcentaje de cuajado de 32 individuos autocompatibles fue superior al 8%, valor que podría ser considerado como umbral de un bajo nivel de autogamia. Únicamente un individuo mostró un nivel de cuajado cercano al 4%. De los individuos restantes, 21 (38,8%) presentaron un cuajado inferior al 4%, y 4 de ellos manifestaron un porcentaje inferior al 3%. Las diferencias entre los ratios esperados y los observados en campo no fueron significativas con $p > 0,05$ ($\chi^2 = 1,5$, 1 gl).

Para la familia 'Masbovera' x 'Genco', se calcularon los porcentajes de cuajado de frutos en los 31 individuos (cuadro 1). Aunque todos los individuos deberían ser autocompatibles, 2 de ellos se comportaron como auto-incompatibles en campo. Sin embargo, dichos individuos sólo disponían de datos de campo del año 2001, y en ese año se produjeron heladas durante la época de floración (4 horas registradas a menos de 0 °C), que afectaron a las yemas de flor. Todos los individuos mostraron más de un 4% de cuajado en el año 2000, por lo que se consideraron todos autocompatibles tal y como se esperaba. El porcentaje de cuajado

Cuadro 1. Resultados de cuajado en campo de las familias ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’ y ‘Masbovera’ x ‘Genco’ obtenidas en el IRTA Mas Bové

Table 1. Field results of fruit set for ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’ and ‘Masbovera’ x ‘Genco’ progenies raised at IRTA Mas Bové

Cruzamiento	Número individuos	Individuos Autocompatibles (Número y %)		Individuos Auto-incompatibles (Número y %)		χ^2 (1 gl)
		Observados	Esperados	Observados	Esperados	
‘Falsa Barese’ x ‘D. Langueta’	54	33* (61,1%)	27 (50%)	21 (38,8%)	27 (50%)	1,50
‘Masbovera’ x ‘Genco’	31	29 (93,5%)	31 (100%)	2 (6,4%)	0 (0%)	—

(*) incluye los dos individuos determinados como S_1S_f .
Se especifica el número de individuos observados en cada clase (autocompatibles y auto-incompatibles) y el porcentaje correspondiente sobre el total de individuos. Los ratios observados para la familia segregante ‘Falsa Barese’ x ‘D. Langueta’ no son significativamente diferentes a los esperados con $P = 0,05$.

de los 29 individuos autocompatibles fue superior al 6%, siendo en 27 de ellos superior al 8%. Sin embargo, la mayoría de estos 29 individuos (48,2%) manifestaron un nivel de autogamia medio (entre el 10 y el 20% de cuajado).

Evaluación de la autocompatibilidad en laboratorio: RNasas estilares

Las figuras 1 y 2 muestran los zimogramas de algunos individuos de las dos familias analizadas. En el centro de los geles se



Figura 1. Segregación de ribonucleasas estilares en la familia ‘Falsa Barese’ (S_1S_f) x ‘Desmayo Langueta’ (S_1S_5). Ambos parentales son escaleras representando los alelos S_1 y S_5 . Los genotipos de la descendencia son S_1S_5 y S_5S_f . La actividad RNasa se aprecia después de aplicar las condiciones de migración NEPHGE y del revelado.

Figure 1. Segregation of the stylar ribonucleases in the almond progeny ‘Falsa Barese’ (S_1S_f) x ‘Desmayo Langueta’ (S_1S_5). Both parents are ladders representing S_1 and S_5 alleles. Seedling genotypes are S_1S_5 and S_5S_f . RNase activity is shown after running NEPHGE migration conditions and staining.

Cuadro 2. Resultados de análisis de RNasas en laboratorio de las familias ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’ y ‘Masbovera’ x ‘Genco’ obtenidas en el IRTA Mas Bové

Table 2. Laboratory results of RNase analysis for ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’ and ‘Masbovera’ x ‘Genco’ progenies raised at IRTA Mas Bové

Cruzamiento	Número individuos	Genotipo S (parentales)	Ratio esperado	Genotipo S observado (descendencia)	χ^2
‘Falsa Barese’ x ‘D. Langueta’	54	$S_I S_f \times S_I S_S$	1:1	22 $S_I S_S$: 30 $S_S S_f$; (2 $S_I S_f$)	0,94
‘Masbovera’ x ‘Genco’	31	$S_I S_g \times S_I S_f$	1:1	10 $S_I S_f$: 21 $S_g S_f$	3,22

Se especifica el número de individuos analizados y los genotipos S de los parentales. Se muestran los ratios esperados para el genotipo S de ambas descendencias, para contrastarlos con los resultados experimentales. Los ratios observados para ambas familias no son significativamente diferentes a los esperados con $p = 0,05$.

ción observada, 10 $S_I S_f$: 21 $S_g S_f$, se ajusta a la segregación teórica 1:1 ($\chi^2 = 3,22$, 1 gl).

Discusión

La comparación de los zimogramas con los datos de cuajado de frutos indica que la mayoría de los individuos que muestran una única banda fueron autocompatibles en campo. Para la familia ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’, se obtuvieron porcentajes similares de individuos autocompatibles (55-60%) y auto-incompatibles (40-45%) en campo con ambas técnicas. Los datos de cuajado en campo y los genotipos S de laboratorio concordaron en un 98,1% de los casos. El único caso de discordancia correspondió a un individuo autocompatible en campo (4,0% cuajado) que presentó un genotipo auto-incompatible.

El análisis de ribonucleasas muestra claramente que el cruzamiento semicompatible ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’ segre-

gó para 2 genotipos ($S_I S_S$ y $S_S S_f$). En trabajos anteriores ya se han mencionado ratios de segregación similares (50% autocompatibles, 50% auto-incompatibles) en progenies de cruzamientos con un parental autocompatible (SOCIAS I COMPANY, 1984; JRAIDI y NEFZI, 1988). El cruzamiento semicompatible ‘Masbovera’ x ‘Genco’ también segregó para 2 clases genotípicas, siendo ambas autocompatibles ya que el parental masculino era el autocompatible y con un alelo en común con el femenino.

En la familia ‘Falsa Barese’ x ‘Desmayo Langueta’, 2 individuos revelaron el genotipo $S_I S_f$, que parecen resultar de una autopolinización de ‘Falsa Barese’ después de una imperfecta emasculación. De la familia ‘Masbovera’ x ‘Genco’, 2 individuos que dieron menos de un 4% de cuajado revelaron genotipos autocompatibles. Por tanto, podrían clasificarse como autocompatibles pero no autógamos, o dejarlos sin clasificar debido a los daños por helada.

Los resultados obtenidos manifiestan también que los genotipos del análisis de ribonu-

cleasas pueden utilizarse para obtener descendencias 100% autocompatibles mediante la realización de cruzamientos semicompatibles $S_x S_y \times S_x S_f$ (GRASSELLY *et al.*, 1985; DICENTA y GARCÍA, 1993) tal y como fue indicado por primera vez en cerezo (WILLIAMS y BROWN, 1960). Este análisis también puede emplearse para determinar qué individuos son autocompatibles en descendencias segregantes. Las 5 flores suficientes para este análisis se pueden recoger en árboles de tan sólo 2 o 3 años. Por tanto, esta técnica puede llevarse a cabo como método de selección precoz para rechazar aquellos individuos que carezcan del alelo S_f . Sin embargo, este análisis únicamente indica la autocompatibilidad genética, y la autogamia debe comprobarse posteriormente en campo.

Agradecimientos

La financiación de este trabajo proviene del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agroalimentarias del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través de dos proyectos INIA (SC97-049 y RTA01-081). Mercè López y Mourad Mnejja agradecen sus becas del Programa de Postgraduado del Ministerio de Ciencia y Tecnología y del Programa de Master del CIHEAM-IAMZ, respectivamente.

Bibliografía

- BATLLE I., BALLESTER J., BOŠKOVIĆ R., ROMERO M.A., TOBUTT K.R., VARGAS F.J., 1997. Use of stylar ribonucleases in almond breeding to design crosses and select self-compatible seedlings. *Nucis* 6: 12-14.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., BATLLE I., DUVAL H., 1997. Correlation of ribonuclease zymograms and incompatibility genotypes in almond. *Euphytica* 97: 167-176.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., DUVAL H., BATLLE I., DICENTA F., VARGAS F.J., 1999. A stylar ribonuclease assay to detect self-compatible seedlings in almond progenies. *Theor. Appl. Genet.* 99: 800-810.
- CRANE M.B., BROWN A.G., 1937. Incompatibility and sterility in the sweet cherry. *Prunus avium* L. J. Pomol. Hortic. Sci. 15: 80-116.
- CRANE M.B., LAWRENCE W.J.C., 1947. The genetics of garden plants. Macmillan. London. XVII + 301 pp.
- DICENTA F., GARCÍA J.E., 1993. Inheritance of self-compatibility in almond. *Heredity* 70: 313-317.
- GRASSELLY C., CROSSA-RAYNAUD P., OLIVIER G., 1985. Récents progrès dans l'amélioration génétique de l'amandier. 5^{ème} Colloque recherches fruitières. Bordeaux. 13-14 Nov. pp. 141-155.
- GRASSELLY C., CROSSA-RAYNAUD P., OLIVIER G., GALL H., 1981. Transmission du caractère d'autocompatibilité chez l'amandier (*Amygdalus communis*). *Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ* 81/I: 71-75.
- JRAIDI B., NEFZI A., 1988. Transmission de l'autocompatibilité chez l'amandier. VII Coll. GREMPA, Rap. EUR 11557: 47-57.
- KESTER D.E., ASAY R., 1975. Almonds. pp: 387-419. En: J. Janick y J. N. Moore (eds.). *Advances in fruit breeding*. Purdue Univ. Press, West Lafayette, IN.
- LEWIS D., CROWE L.K., 1954. Structure of the incompatibility gene. IV. Types of mutations in *Prunus avium* L. *Heredity* 8(3): 357-363.
- SOCIAS I COMPANY R., 1984. A genetic approach to the transmission of self compatibility in almond (*Prunus amygdalus* Batsch). *Options Méditerran. CIHEAM-IAMZ* 84/II: 123-127.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1977. La polinización del almendro. Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Zaragoza. 29 pp.
- VARGAS F.J., CLAVÉ J., ROMERO M., BATLLE I., ROVIRA M., 1998. Autogamy studies on almond progenies. *Acta Hortic.* 470: 74-81.
- WILLIAMS W., BROWN A.G., 1960. Breeding new varieties of fruit trees. *Endeavour* 19: 147-155.

DESCENDIENTES HOMOCIGÓTICOS *VERSUS* HETEROCIGÓTICOS AUTOCOMPATIBLES EN UN PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE ALMENDRO

F. Dicenta*, E. Ortega*, P. Martínez-Gómez*,
R. Bošković**, K.R. Tobutt**

* Departamento de Mejora y Patología Vegetal. CEBAS-CSIC,
Apartado 4195, 30080 Murcia, España
e-mail: fdicenta@natura.cebas.csic.es

** Horticulture Research International. East Malling
West Malling, Kent ME19 6BJ, Reino Unido

RESUMEN

Hasta la fecha no se han descrito cultivares de almendro homocigóticos autocompatibles. No se sabe si estos individuos homocigóticos son peores que los heterocigóticos, y por ello no han sido seleccionados, o simplemente no han sido identificados todavía. Al objeto de indagar en este fenómeno, en una población de 241 descendientes obtenidos por autofecundación de selecciones autocompatibles, se determinó el genotipo homocigótico o heterocigótico mediante isoelectroenfoque de ribonucleasas estilares. Los zimogramas resultantes mostraron que 129 de los descendientes eran homocigóticos y 112 heterocigóticos. Se analizaron las diferencias entre estos dos tipos de individuos autocompatibles para 16 características agronómicas durante tres años. En general no hubo diferencias importantes entre los dos tipos, mostrando ambas una escasa productividad, probablemente consecuencia de la elevada consanguinidad derivada de su origen. Algunos individuos homocigóticos selectos han sido utilizados en cruzamientos con el fin de asegurar la autocompatibilidad en la descendencia y así eliminar la laboriosa tarea de evaluar este carácter.

Palabras clave: Mejora genética, Autocompatibilidad, Almendro, *Prunus dulcis*, Ribonucleasas estilares, Consanguinidad.

SUMMARY

HOMOZYGOUS *VERSUS* HETEROZYGOUS SELF-COMPATIBLE SEEDLINGS IN AN ALMOND BREEDING PROGRAMME

No self-compatible homozygous almond cultivars have been reported so far. It is unclear if they are inferior to heterozygotes, and consequently they were not selected, or simply not yet detected. To investigate this, the self-compatibility genotype, homozygous or heterozygous, was determined by stilar ribonuclease assay in a population of 241 almond trees obtained by self-fertilisation of self-compatible selections. The resulting zymograms showed that 129 of the seedlings were homozygous and 112 heterozygous. For three years the differences existing between these two types of self-compatible individuals were analysed with respect to 16 agronomic characteristics. In general, there were no important differences between the two classes, both showing a low degree of productivity, probably as a result of their inbred origin. Some selected homozygous individuals were used in crosses, which were planned so as to ensure the

self-compatibility of 100% of the descendants and thus eliminate the laborious task of testing the seedlings for self-compatibility.

Key words: Almond breeding, Self-compatibility, *Prunus dulcis*, Styler ribonucleases, Inbreeding depression.

Introducción

Hasta la fecha no se han descrito cultivares de almendro homocigóticos autocompatibles (*SfSf*). Sin embargo, dado que en la región italiana de Apulia se cultivan conjuntamente distintos cultivares autocompatibles de almendro, se podría esperar allí la existencia de genotipos homocigóticos procedentes de cruzamientos (espontáneos o llevados a cabo por los agricultores) entre estos cultivares. Es posible que estos genotipos homocigóticos autocompatibles sean peores que los heterocigóticos debido a la existencia de algún carácter negativo recesivo ligado al alelo autocompatible *Sf*, o quizá existiesen pero no han sido caracterizados todavía.

La obtención de almendros homocigóticos autocompatibles sería de gran interés. En primer lugar, en estos genotipos todos los granos de polen serían capaces de crecer a lo largo del estilo hasta alcanzar el ovario, mientras que en los genotipos heterocigóticos el 50% de los tubos polínicos (con el alelo de autoincompatibilidad) son detenidos a lo largo del estilo. En segundo lugar, estos genotipos homocigóticos autocompatibles podrían utilizarse como polinizadores “comodín” en mejora, ya que independientemente del genotipo del otro parental, el 100% de la descendencia será autocompatible. Esto eliminaría la necesidad de diseñar cruzamientos según la estrategia de DICENTA y GARCÍA (1993), utilizando como polinizadores genotipos autocompatibles que compartan el alelo de incompatibilidad con el parental femenino.

En este trabajo hemos estudiado las características agronómicas más importantes en una progenie de almendros homocigóticos y heterocigóticos autocompatibles para determinar si la ausencia de almendros homocigóticos podría deberse a algún carácter negativo ligado al genotipo *SfSf*.

Material y métodos

Material vegetal

Se estudiaron 241 descendientes procedentes de la autofecundación de 34 selecciones autocompatibles del programa de mejora genética del CEBAS-CSIC, obtenidas de cruzamientos entre el cultivar autoincompatible ‘Ferragnès’ (*S1S3*) y los autocompatibles ‘Genco’ y ‘Tuono’, ambos *S1Sf*.

Obtención de descendientes

Las autopolinizaciones se llevaron a cabo en 1993 por embolsado de ramas con botones florales cerrados para evitar la polinización externa. Los descendientes estuvieron en vivero en 1994 y en 1995 fueron transplantados al campo.

Durante tres años consecutivos (1997, 1998, 1999) se tomaron datos de 16 características agronómicas para cada uno de los descendientes (cuadro 1). Las característi-

Cuadro 1. Valores medios de diferentes características agronómicas de genotipos homocigóticos (Hm) y heterocigóticos (Ht) y análisis de la varianza (Probabilidad x 100) para los tres años estudiados

Table 1. Means of different characteristics of homozygous (Hm) and heterozygous (Ht) genotypes and analysis of variance (p-value x100) for the three years overall

Características	Media de 3 años		Análisis de la varianza				
	Hm	Ht	Año	Familia	Familia (Hm-Ht)	Año*Familia	Año*Familia (Hm-Ht)
Intensidad de floración	1,47	1,70	0,01	0,01	0,55	27,22	97,28
Productividad	0,66	0,90	0,01	0,01	0,09	23,48	86,73
Época de floración plena	54,38	55,41	0,01	0,01	0,32	96,15	98,85
Época de maduración	220,33	220,30	10,85	0,01	53,39	95,70	99,99
Dureza de la cáscara	3,65	3,75	0,92	0,01	0,01	28,05	17,71
Peso en cáscara	3,25	3,55	0,94	0,01	2,70	93,23	97,84
Peso de una semilla	1,10	1,19	16,51	0,01	71,35	95,78	66,98
Rendimiento	36,84	35,67	0,99	0,01	0,02	96,78	94,88
Frutos vacíos (%)	1,49	1,76	0,31	0,56	30,61	0,06	29,20
Semillas dobles (%)	4,22	4,14	7,11	0,01	0,03	67,43	93,34
Semillas defectuosas (%)	14,22	18,60	0,08	0,10	6,45	57,89	96,30
Grosor de la semilla	2,43	2,29	44,38	0,01	48,49	56,43	21,64
Rugosidad de la semilla	2,00	2,09	2,08	2,65	22,83	56,87	91,36
Color del tegumento	2,00	2,20	0,01	0,01	15,45	16,14	67,76
Sabor de la semilla	2,39	2,53	2,99	0,01	2,38	96,43	98,74
Valoración global del fruto	2,34	2,49	19,43	0,01	17,70	88,81	99,10

Intensidad de floración (de 0 = nula, a 5 = máxima); Productividad (de 0 = nula a 5 = máxima); Época de floración plena (días julianos); Época de maduración (días julianos); Dureza de la cáscara (de 1 = muy blanda a 5 = muy dura); Peso en cáscara (g); Peso semilla (g); Rendimiento al descascarado (%); Frutos vacíos (%); Semillas dobles (%); Semillas defectuosas (%); Grosor de la semilla (de 1 = plana a 3 = globosa); Rugosidad de la semilla (de 1 = lisa a 3 = muy arrugada); Color del tegumento (de 1 = marrón muy claro a 5 = marrón muy oscuro); Sabor de la semilla (de 1 = amarga a 3 = dulce); Valoración global del fruto (de 1 = muy malo, a 5 = muy bueno).

cas del fruto fueron evaluadas en una muestra de 25 frutos de cada árbol cada año.

Identificación del genotipo S

En 1999 se determinó el genotipo de compatibilidad (homocigótico o heterocigótico) mediante el análisis de ribonucleasas estilares en geles de poliacrilamida. Para cada muestra se utilizaron 20 estilos de botones florales a punto de abrir y se conservaron a -20°C . Las muestras fueron analizadas en HRI-East Malling (Reino Unido) y en el CEBAS-CSIC según el método descrito por Bošković y TOBUTT (1996) y Bošković *et al.* (1997).

Los zimogramas de los descendientes estudiados mostraron una única banda correspondiente a uno de los alelos de incompatibilidad (*S1* o *S3*) o ninguna banda. Estos fenotipos fueron interpretados como heterocigóticos y homocigóticos respectivamente, ya que el alelo autocompatible (*Sf*) en almendro no codifica para actividad ribonucleasa (Bošković *et al.*, 1999).

Análisis de datos

Para comparar las posibles diferencias entre homocigóticos y heterocigóticos en cada familia para todos los años se aplicó un análisis de la varianza utilizando el programa SAS (SAS INSTITUTE, 1989). Para el análisis estadístico, datos de caracteres expresados como porcentaje fueron transformados con la transformación angular.

Resultados y discusión

El análisis de ribonucleasas estilares mostró que los 241 descendientes eran autocom-

patibles, 129 homocigóticos (*SfSf*) y 112 heterocigóticos (*S1Sf* o *S3Sf*). Que nosotros sepamos esta es la primera vez que se han obtenido y evaluado almendros homocigóticos autocompatibles de una forma deliberada. Bošković *et al.*, (1999) encontraron 7 descendientes homocigóticos en una progenie procedente del cruzamiento 'Lauranne' x 'Desmayo Langueta', que presumiblemente eran autopolinizaciones de 'Lauranne'.

El cuadro 1 muestra los resultados del análisis estadístico. De las 16 características estudiadas, seis (intensidad de floración, productividad, época de floración plena, dureza de la cáscara, rendimiento y porcentaje de dobles) mostraron diferencias significativas al 1% y sólo dos fueron significativas al 5% (peso en cáscara y sabor de la semilla). Sin embargo, la comparación de las medias de estas características, reveló que en general esas diferencias no fueron importantes desde el punto de vista del mejorador.

La característica más notable fue la baja intensidad de floración y la escasa productividad media para todos los años, tanto en el caso de los individuos homocigóticos como heterocigóticos, lo que indica el retraso con el cual los descendientes entran en producción. Ya que la producción fue baja incluso en 1999 en su cuarta brotación, podría ser una consecuencia del alto grado de consanguinidad en los descendientes estudiados. SOCIAS I COMPANY y FELIPE (1988) observaron que descendientes resultantes de autofecundación o cruzamientos entre parientes tardaban en entrar en producción.

Si los individuos homocigóticos autocompatibles no son diferentes de los heterocigóticos en cuanto a las características estudiadas, ¿por qué no se han obtenido previamente cultivares homocigóticos? Probablemente, estos cultivares homocigóticos pueden haber sido obtenidos por autopolini-

zación o bien por cruzamientos entre los cultivares autocompatibles de la región de Apulia, lo que habría dado lugar a descendientes con problemas de consanguinidad, como se ha observado en este estudio, por lo que habrían tenido menos posibilidades de ser seleccionados. Sin embargo, los cultivares heterocigóticos autocompatibles pueden obtenerse cruzando cultivares autocompatibles con otros autoincompatibles no emparentados, evitando así los problemas de consanguinidad, como ha sucedido en los programas de mejora.

Entre los 129 individuos homocigóticos autocompatibles obtenidos, algunos han sido seleccionados por su mejor comportamiento, y ya han sido utilizados como parentales en cruzamientos, asegurando así la autocompatibilidad en la descendencia y eliminado el laborioso proceso de evaluación de esta característica en la progenie.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto 'Mejora Genética del Almendro'

(AGF98-0211-C03-02) del 'Plan Nacional de I+D' del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Bibliografía

- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., 1996. Correlation of stylar ribonuclease zymograms with incompatibility alleles in sweet cherry. *Euphytica* 90: 245-250.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., BATLLE L., DUVAL H., 1997. Correlation of ribonuclease zymograms and incompatibility genotypes in almond. *Euphytica* 97: 167-176.
- BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., DUVAL H., BATLLE L., DICENTA F., VARGAS F.J., 1999. A stylar ribonuclease assay to detect self-compatible seedlings in almond progenies. *Theor. Appl. Gen.* 99: 800-810.
- DICENTA F., GARCÍA J.E., 1993. Inheritance of self-compatibility in almond. *Heredity* 70: 313-317.
- SAS INSTITUTE., 1989. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, N.C.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1988. Self-compatibility in almond: transmission and recent advances in breeding. *Acta Hortic.* 224: 307-317.

CUAJADO EN CRUZAMIENTOS CONTROLADOS DE CULTIVARES DE ALMENDRO

F.J. Vargas, M.A. Romero, J. Clavé, J. Santos, I. Batlle, M. Rovira

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)
Departament d'Arboricultura Mediterrània
Centre de Mas Bové, Apartat 415, 43280 Reus, España

RESUMEN

Generalmente, en los cruzamientos controlados que se realizan en los programas de mejora de cultivares de almendro, las flores se polinizan antes que en condiciones naturales. Las ramas no se embolsan, las flores se emasculan con anterioridad a la antesis y se polinizan inmediatamente después, con el fin de reducir al mínimo posible el riesgo de polinización con polen extraño y, al mismo tiempo, asegurar la realización del cruzamiento previsto, ya que un retraso en la polinización artificial puede conducir a la imposibilidad de efectuarla por la aparición de condiciones climáticas adversas. Normalmente, si el clima es favorable, no es necesario repetir la polinización para obtener un nivel de cuajado aceptable. La realización de una segunda polinización unos 2-3 días después de la emasculación, coincidiendo con la antesis natural de las flores, puede resultar conveniente para incrementar el cuajado en algunos cultivares. En este trabajo se recogen los cuajados medios obtenidos, realizando una única polinización artificial, en 30 cultivares o selecciones utilizados repetidamente en el programa de mejora del IRTA como genitores femeninos. Se han podido observar grandes diferencias entre cultivares, repetidas en diferentes años y cruzamientos. Los cultivares se han clasificado en tres grupos, atendiendo a su nivel de cuajado medio: bajo (< 15%), medio (15-30%) y alto (> 30%). Lógicamente, los cultivares con cuajado bajo deberían recibir una segunda polinización artificial, o bien utilizarse exclusivamente como genitores masculinos, mientras que los de cuajado alto pueden considerarse buenos genitores femeninos. Como ejemplo de cultivar con nivel de cuajado muy bajo, en este tipo de cruzamientos, puede citarse a 'Anxaneta' (6%, utilizando alrededor de 14.000 flores en 29 cruzamientos realizados en 9 años) que, sin embargo, es muy productiva en condiciones de polinización natural. Por el contrario, 'Lauranne' es un buen ejemplo de excelente cuajado (45%, utilizando alrededor de 12.000 flores en 18 cruzamientos realizados en 8 años).

Palabras clave: Almendro, Mejora, Cuajado, Genitores, Cultivares.

SUMMARY

FRUIT SET IN CONTROLLED CROSSES OF ALMOND CULTIVARS

Generally, in controlled almond crosses made for scion breeding programmes, flowers are pollinated earlier than in natural conditions. Branches are not bagged, flowers are emasculated before anthesis (at balloon stage) and then pollinated immediately, to reduce chances of outcrossing and to ensure crossing, as a delay in the artificial pollination can prevent it due to unsettled climatic conditions. Usually, it is not necessary to

repeat the pollination to obtain an acceptable fruit set if the weather is favourable. A second pollination, 2-3 days after emasculation, coinciding with natural flower anthesis, could be convenient to increase the fruit set in some cultivars. In this work, average fruit set obtained, applying one single artificial pollination, is compiled from 30 cultivars or selections used repeatedly as female genitors in the IRTA's breeding programme. Considerable differences have been recorded among cultivars, repeated in different years and crosses. Cultivars have been classified in 3 groups, according to their average fruit set: low (< 15%), medium (15-30%) and high (> 30%). Cultivars with low fruit set should receive a second artificial pollination, or be only used as male genitors, while cultivars with high fruit set are good as female parents. 'Anxaneta' can be cited as an example of a cultivar with a very low fruit set in this type of crosses (6%, using about 14,000 flowers in 29 crosses made during 9 years), being however very productive in natural pollination conditions. Opposite to it, 'Lauranne' is a good example of excellent fruit setting (45%, using about 12,000 flowers in 18 crosses made during 8 years).

Key words: Almonds, Breeding, Fruit set, Parents, Cultivars.

Introducción

En los programas de mejora de cultivares de almendro, para la realización de los cruzamientos normalmente se sigue uno de los siguientes procesos (GRASSELLY y CROSSA RAYNAUD, 1980):

a) Cubrir todo el árbol, antes de la apertura de las flores, con una estructura provista de una malla que permita la entrada de la luz y evite la llegada de insectos polinizadores, efectuando la polinización artificial cuando las flores se abran. Es un procedimiento útil para realizar polinizaciones en gran escala sobre un mismo genitor femenino, siempre que éste sea autoestéril. En el caso de cultivares autofértiles, evidentemente no puede utilizarse.

b) Embolsar ramas con malla o papel sulfurado, antes de la apertura de las flores y polinizarlas posteriormente. También, solamente puede utilizarse cuando el árbol es autoestéril. Es un proceso exigente en mano de obra.

c) Emascular las flores (quitando los estambres, pétalos y parte de los sépalos)

con las uñas o una pequeñas tijeras, antes de su apertura, polinizando posteriormente el estigma. Los insectos polinizadores no son atraídos por las flores emasculadas. No se realiza el embolsamiento de las ramas. A pesar del daño producido en la flor, pueden obtenerse cuajados muy aceptables, aunque algo inferiores a los obtenidos en polinización natural (KESTER y GRIGGS, 1959). Dado que es un método sencillo, rápido y válido tanto para cultivares autoestériles como autofértiles, es muy utilizado en los programas de mejora (KESTER y ASAY, 1975).

En este último caso, generalmente los estigmas reciben el polen antes que en condiciones naturales. Las flores, que se emasculan con anterioridad a la antesis, normalmente se polinizan inmediatamente después, con el fin de reducir al mínimo posible el riesgo de contaminación con polen extraño y, también, asegurar la realización del cruzamiento previsto, ya que un retraso en la polinización puede ocasionar la imposibilidad de efectuarla por la aparición de condiciones climáticas adversas.

Normalmente, si el clima es favorable, no es necesario repetir la polinización para

obtener un nivel de cuajado aceptable. Así, por ejemplo, en cruzamientos realizados en Mas Bové entre 1975 y 2000, polinizando una única vez alrededor de 200.000 flores, se obtuvo un cuajado medio del 22% (VARGAS, datos no publicados). Sin embargo, también se ha observado que algunos cultivares que fructifican abundantemente en condiciones naturales, tienen cuajados muy bajos, año tras año, cuando se emasculan las flores y se polinizan artificialmente.

Probablemente, la realización de una segunda polinización 2-3 días después de la emasculación, coincidiendo con la antesis natural de las flores, puede incrementar el cuajado en cultivares cuyas flores, antes de su apertura natural, no están todavía en condiciones óptimas para que su polinización conduzca a la fecundación. Sin embargo, esta segunda polinización es una operación costosa cuando se realiza un número de cruzamientos importante y, lógicamente, tiende a evitarse en lo posible. La disponibilidad de información sobre el diferente comportamiento varietal, puede ayudar a mejorar la planificación de un programa de cruzamientos, limitando, o potenciando, la utilización como madres de algunos cultivares.

En este trabajo se recogen los cuajados medios obtenidos, realizando una única polinización artificial, en 30 cultivares o selecciones utilizadas repetidamente en el programa de mejora del IRTA como genitores femeninos.

Material y métodos

Se han analizado los datos de cuajado de fruto obtenidos en cruzamientos controlados realizados en Mas Bové en el período 1975-2000. Solamente se consideraron los cruzamientos que habían recibido una única

polinización, inmediatamente después de la emasculación. Para intentar eliminar la influencia de otros factores, en este estudio no se tuvieron en cuenta los datos de cuajados anormalmente bajos, cuando podían ser debidos a heladas tardías, mal estado de los árboles, o incompatibilidad entre los dos cultivares utilizados en el cruzamiento.

En este trabajo se han incluido 30 genitores femeninos, 17 cultivares y 13 selecciones. En el cuadro 1 se hace una relación de estos genitores y su origen. Todos ellos han sido utilizados repetidamente en el programa de mejora. En el cuadro 2 se detallan las polinizaciones controladas efectuadas: número total de flores polinizadas, número de años en que se realizaron cruzamientos, número de cruzamientos diferentes (bien por el año, o bien por el polen utilizado) y número de parentales masculinos utilizados. En todos los casos se ha cumplido lo siguiente:

- Número total de flores: superior a 1.000.
- Número de años: igual o superior a 2.
- Número de cruzamientos: igual o superior a 4.
- Número de parentales masculinos: igual o superior a 3.

Para cada parental femenino se ha obtenido el cuajado medio: $\text{número total de frutos obtenidos} \times 100 / \text{número total de flores polinizadas}$.

Considerando el conjunto de los 30 genitores femeninos estudiados, los datos básicos totales han sido los siguientes:

- Número de cruzamientos: 363.
- Número de parentales masculinos: 68.
- Número de flores polinizadas artificialmente: 184.278.
- Cuajado medio: 22%.

Cuadro 1. Relación de genitores femeninos utilizados y su origen
Table 1. List of female parents and their origin

Cultivares	Origen	Selecciones	Origen
'Anxaneta'	España (IRTA)	'4-665'	España (IRTA)
'Belle d'Aurons'	Francia	'8-1'	España (IRTA)
'Cristomorto'	Italia	'8-33'	España (IRTA)
'Falsa Barese'	Italia	'8-47'	España (IRTA)
'Ferragnès'	Francia (INRA)	'10-57'	España (IRTA)
'Francolí'	España (IRTA)	'10-98'	España (IRTA)
'Garbí'	España (IRTA)	'21-169'	España (IRTA)
'Genco'	Italia	'21-22'	España (IRTA)
'Glorieta'	España (IRTA)	'FGFP092'	Italia (ISF)
'Lauranne'	Francia (INRA)	'FGTR13'	Grecia (NAGREF)
'Masbovera'	España (IRTA)	'FGTR30'	Grecia (NAGREF)
'Primorskij'	Ucrania	'FLTU18'	Francia (INRA)
'Rana'	Italia	'TUA16'	Francia (INRA)
'Stelliette'	Francia (INRA)		
'Tardive de la Verdrière'	Francia		
'Tarragonés'	España (IRTA)		
'Wawona'	Estados Unidos		

Abreviaturas: 'FGFP092': ('Ferragnes' x 'Filippo Ceo')092; 'FGTR13': ('Ferragnes' x 'Troito')13; 'FGTR30': ('Ferragnes' x 'Troito')30; 'FLTU18': ('Ferralise' x 'Tuono')18; 'TUA16': ('Tuono' x 'Ai')6.

Los cultivares se han clasificado en tres grupos, atendiendo a su nivel medio de cuajado: bajo (< 15%), medio (15-30%) y alto (> 30%).

Resultados y discusión

Se han podido observar grandes diferencias entre cultivares. En el cuadro 3 se recogen los cuajados medios obtenidos. Clasificados con cuajado bajo aparecen 8 genitores (2 cultivares y 6 selecciones), con cuajado medio 13 (9 cultivares y 4 selecciones) y con cuajado alto 9 (6 cultivares y 3 selecciones).

Conviene señalar que esta clasificación de los genitores por su aptitud a la polinización artificial es completamente independiente de su capacidad de fructificación natural. Algunos cultivares con cuajados

bajos en este tipo de cruzamientos controlados son, sin embargo, muy productivos en plantación, mientras que algunos excelentes genitores presentan, por el contrario, escasa productividad en condiciones naturales.

Normalmente, las diferencias varietales se mantienen con los años y cruzamientos. A este respecto, en los cuadros 4 y 5 se detallan los cuajados obtenidos (en diferentes años y con diferente polen) de cuatro genitores femeninos ampliamente utilizados en el programa: 'Anxaneta' (bajo), 'Lauranne' (alto) y 'Masbovera' y 'Glorieta' (medio). Estos cuatro cultivares están considerados muy productivos (VARGAS y ROMERO, 1985 y 1999; GRASSELLY y DUVAL, 1997). Sin embargo, su respuesta a la polinización artificial es muy distinta. En 'Anxaneta', los cuajados obtenidos han sido casi siempre bajos o muy bajos, en 'Masbovera' y 'Glorieta' bastante buenos y en 'Lauranne' excelentes.

Cuadro 2. Polinizaciones controladas en los parentales femeninos. Número de flores polinizadas, número de años, número de cruzamientos realizados y número de parentales masculinos utilizados

Table 2. Artificial pollinations in the female parents. Number of pollinated flowers, number of years, number of crosses made and number of male parents involved

Cultivares	Número				Selecciones	Número			
	Flores	Años	Cruces	Padres		Flores	Años	Cruces	Padres
'Anxaneta'	14.399	9	29	20	'4-665'	28.832	9	24	14
'Belle d'Aurons'	5.467	3	7	6	'8-1'	2.108	3	4	4
'Cristomorto'	5.520	6	20	13	'8-33'	5.141	4	9	7
'Falsa Barese'	2.103	2	5	3	'8-47'	4.188	4	6	5
'Ferragnès'	3.867	5	13	10	'10-57'	1.406	2	11	10
'Francolí'	6.115	7	16	10	'10-98'	9.337	4	16	12
'Garbi'	4.833	6	11	8	'21-169'	2.720	4	10	9
'Genco'	7.204	7	13	7	'21-22'	2.138	3	4	3
'Glorieta'	9.925	7	24	18	'FGFP092'	3.887	3	9	4
'Lauranne'	11.912	8	18	12	'FGTR13'	4.857	4	9	6
'Masbovera'	13.107	7	34	22	'FGTR30'	3.476	3	9	5
'Primorskij'	4.407	5	8	6	'FLTU18'	8.851	5	12	9
'Rana'	2.377	3	5	3	'TUA16'	3.595	4	7	3
'Stelliette'	3.761	3	6	4					
'Tardive Verdière'	1.493	3	10	8					
'Tarragonés'	1.255	2	7	7					
'Wawona'	5.997	4	7	4					

Cuadro 3. Cuajados medios obtenidos en los parentales femeninos (%)

Table 3. Mean fruit sets obtained in the female parents (%)

Cuajado bajo (< 15%)		Cuajado medio (15-30%)		Cuajado alto (> 30%)	
Madre	Cuajado	Madre	Cuajado	Madre	Cuajado
'Wawona'	6,25	'21-169'	17,94	'Belle d'Aurons'	31,97
'Anxaneta'	6,51	'10-98'	18,24	'Falsa Barese'	33,76
'8-1'	7,50	'Cristomorto'	20,00	'Ferragnès'	34,21
'FGFP092'	8,46	'Glorieta'	20,11	'21-22'	36,81
'10-57'	9,89	'Tardive Verdière'	20,70	'Stelliette'	38,55
'4-665'	10,12	'Garbi'	21,93	'FGTR30'	40,13
'8-33'	10,60	'Masbovera'	22,74	'Primorskij'	45,50
'8-47'	13,73	'Genco'	24,50	'Lauranne'	45,58
		'FLTU18'	25,27	'FGTR13'	48,47
		'TUA16'	26,79		
		'Rana'	28,14		
		'Tarragonés'	28,37		
		'Francolí'	29,70		

Cuadro 4. Ejemplos de cuajados obtenidos por cruzamientos controlados en dos genitores femeninos: ‘Anxaneta’ (cuajado bajo) y ‘Lauranne’ (cuajado alto)

Table 4. Examples of fruit sets obtained in artificial crosses in two female parents: ‘Anxaneta’ (low set) and ‘Lauranne’ (high set)

Parental femenino: ‘Anxaneta’					Parental femenino: ‘Lauranne’				
Parentales Masculinos	Años	Nº de flores	Nº de frutos	Cuajado (%)	Parentales Masculinos	Años	Nº de flores	Nº de frutos	Cuajado (%)
‘Ferragnès’	1985	250	18	7,20	‘Anxaneta’	1992	616	272	44,16
‘Marcona’	1985	250	7	2,80	‘Francolí’	1992	503	186	36,98
‘Ferragnès’	1987	50	0	0,00	‘Glorieta’	1992	440	331	75,23
‘Francolí’	1987	50	0	0,00	‘Ramillete’	1993	1.093	509	46,57
‘Glorieta’	1987	50	0	0,00	‘Anxaneta’	1994	271	113	41,70
‘Masbovera’	1987	50	1	2,00	‘Francolí’	1994	488	350	71,72
‘Lauranne’	1990	262	25	9,54	‘Glorieta’	1994	852	684	80,28
‘Tuono’	1990	275	52	18,91	‘D. Largueta’	1995	575	262	45,57
‘Lauranne’	1995	742	163	21,97	‘Marcona’	1995	472	321	68,01
‘FGTR13’	1996	1.035	21	2,03	‘Belle d’Aurons’	1996	1.149	174	15,14
‘FGTR30’	1996	1.623	14	0,86	‘Francolí’	1996	895	402	44,92
‘FLTU18’	1997	981	52	5,30	‘Anxaneta’	1997	2.283	898	39,33
‘Genco’	1997	494	8	1,62	‘155’	1999	111	54	48,65
‘Tuono’	1997	1.008	53	5,26	‘21-169’	1999	140	77	55,00
‘FLTU18’	1998	1.050	59	5,62	‘21-22’	1999	210	104	49,52
‘Genco’	1998	273	82	30,04	‘22-107’	2000	414	109	26,33
‘Lauranne’	1998	1.455	122	8,38	‘23-173’	2000	570	246	43,16
‘Tuono’	1998	219	29	13,24	‘Anxaneta’	2000	830	338	40,72
‘12-2’	1999	113	5	4,42					
‘12-21’	1999	71	2	2,82					
‘12-350’	1999	29	2	6,90					
‘21-133’	1999	83	9	10,84					
‘21-323’	1999	733	10	1,36					
‘21-332’	1999	320	18	5,63					
‘22-78’	1999	510	20	3,92					
‘FLTU18’	1999	130	1	0,77					
‘12-350’	2000	1.056	77	7,29					
‘13-504’	2000	504	19	3,77					
‘23-173’	2000	733	68	9,28					
Total		14.399	937	6,51			11.912	5.430	45,58

Cuadro 5. Ejemplos de cuajados obtenidos por cruzamientos controlados en dos genitores femeninos con cuajado medio: ‘Masbovera’ y ‘Glorieta’
Table 5. Examples of fruit set obtained in artificial crosses in two female parents with mean sets: ‘Masbovera’ and ‘Glorieta’

Parental femenino: ‘Masbovera’					Parental femenino: ‘Glorieta’				
Parentales Masculinos	Años	Nº de flores	Nº de frutos	Cuajado (%)	Parentales Masculinos	Años	Nº de flores	Nº de frutos	Cuajado (%)
‘Lauranne’	1990	166	63	37,95	‘Lauranne’	1991	423	150	35,46
‘Tuono’	1990	132	58	43,94	‘Anxaneta’	1992	57	10	17,54
‘Lauranne’	1993	922	328	35,57	‘Ferragnès’	1992	67	16	23,88
‘FGFRAG592’	1996	620	80	12,90	‘Francolí’	1992	46	23	50,00
‘FGTR13’	1996	428	94	21,96	‘Masbovera’	1992	92	34	36,96
‘FGTR30’	1996	583	130	22,30	‘Lauranne’	1995	533	161	30,21
‘Rana’	1996	330	47	14,24	‘Falsa Barese’	1997	417	47	11,27
‘FGTR13’	1997	193	24	12,44	‘Filippo Ceo’	1997	169	22	13,02
‘FLTU18’	1997	469	85	18,12	‘FLTU18’	1997	285	40	14,04
‘Genco’	1997	700	200	28,57	‘Tuono’	1997	618	73	11,81
‘Rana’	1997	102	19	18,63	‘12-816’	1998	571	206	36,08
‘Tuono’	1997	383	60	15,67	‘Falsa Barese’	1998	576	108	18,75
‘12-189’	1998	603	126	20,90	‘FGTR30’	1998	441	118	26,76
‘FGTR13’	1998	408	118	28,92	‘FLTU18’	1998	272	59	21,69
‘FLTU18’	1998	478	153	32,01	‘Genco’	1998	586	179	30,55
‘Rana’	1998	472	93	19,70	‘Lauranne’	1998	1.047	153	14,61
‘Tuono’	1998	260	73	28,08	‘Tuono’	1998	303	74	24,42
‘12-2’	1999	227	46	20,26	‘12-2’	1999	313	25	7,99
‘12-21’	1999	361	96	26,59	‘12-21’	1999	212	20	9,43
‘12-350’	1999	221	73	33,03	‘12-587’	1999	147	13	8,84
‘12-587’	1999	346	33	9,54	‘12-697’	1999	71	13	18,31
‘12-697’	1999	365	86	23,56	‘21-323’	1999	319	49	15,36
‘13-585’	1999	194	28	14,43	‘22-78’	1999	1.118	273	24,42
‘21-133’	1999	250	51	20,40	‘12-2’	2000	1.242	130	10,47
‘21-321’	1999	371	86	23,18					
‘21-323’	1999	62	16	25,81					
‘21-332’	1999	361	82	22,71					
‘22-78’	1999	196	35	17,86					
‘12-350’	2000	432	56	12,96					
‘13-504’	2000	415	88	21,20					
‘22-78’	2000	518	114	22,01					
‘23-173’	2000	410	87	21,22					
‘FLTU18’	2000	304	104	34,21					
‘Lauranne’	2000	825	149	18,06					
Total		13.107	2.981	22,74			9.925	1.996	20,11

Conclusiones

Se han observado grandes diferencias en los cuajados obtenidos en 30 cultivares, polinizados artificialmente después de la emasculación de sus flores antes de la antesis. Estas diferencias se han repetido, de forma consistente, en diferentes años y cruzamientos.

Los cultivares con cuajado bajo deberían recibir una segunda polinización artificial, 2-3 días después de la emasculación, o bien utilizarse exclusivamente como genitores masculinos. Los de cuajado alto pueden considerarse buenos genitores femeninos.

Agradecimientos

Las actividades de investigación se han realizado con financiación del INIA (proyectos SC97-049 y RTA01-081: 'Mejora de variedades de almendro y pistachero') y del IRTA (proyecto 'Avaluació, selecció i millora de material vegetal en fruits secs').

Bibliografía

- GRASSELLY C., CROSSA-RAYNAUD P., 1980. *L'Amandier*. Ed. G.P. Maisonneuve et Larose, París, 446 p.
- GRASSELLY C., DUVAL H., 1997. *L'Amandier*. Ed. CTIFL, París, 167 p.
- KESTER D.E., ASAY R.N., 1975. Almonds. En: *Advances in Fruit Breeding*, J. Janick y J.N. Moore (eds.), 387-419 pp. Purdue University Press, West Lafayette, EE. UU.
- KESTER D.E., GRIGGS W.H., 1959. Fruit setting in the almond: the effect of cross-pollinating various percentages of flowers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74: 206-213.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., 1985. Amélioration de variétés d'amandier. Observations sur quelques clons intéressants obtenus au Centre Agropecuari "Mas Bové". *Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ* 85/I: 15-18.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., 1999. Ensayo de variedades de almendro de floración tardía en Tarragona. *Frutic. Prof.* 104: 43-47.

EL BANCO DE GERMOPLASMA DE ALMENDRO DE ZARAGOZA

M.T. Espiau, J.M. Ansón, R. Socías i Company

Unidad de Fruticultura SIA - DGA, Apartado 727,
50080 Zaragoza, España

RESUMEN

El banco de germoplasma de almendro de Zaragoza es la colección nacional española, así como la de referencia mundial para el GREMPA. Se conservan en campo más de 250 entradas, la mayoría de origen español, además de cultivares de las zonas más relevantes de cultivo del almendro de todo el mundo. Se mantiene también una colección de especies silvestres emparentadas con el almendro cultivado. Cada clon se caracteriza y evalúa según los descriptores de IPGRI y UPOV y los datos se guardan en ficheros informáticos para facilitar su manejo, cumpliendo con los objetivos básicos de este banco, como son el mantenimiento de la diversidad genética de la especie, especialmente de las formas locales españolas, y el estudio y la documentación del material conservado.

Palabras clave: Almendro, Germoplasma, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY

THE ALMOND GERMOPLASM BANK OF ZARAGOZA

The almond germplasm bank of Zaragoza is the Spanish national collection, as well as the world reference for GREMPA. More than 250 accessions, mostly of Spanish origin, but also cultivars of the most important almond growing areas of the world, are maintained in the field. There is also a collection of wild species related to the cultivated almond. Each clone is characterized according to the IPGRI and UPOV descriptors. Data are stored in computer files for easy handling, to fulfill the basic objectives of this bank, namely the maintenance of the genetic diversity of this species, mainly of the Spanish local forms, as well as the study and documentation of the accessions maintained.

Key words: Almond, Germplasm, *Prunus amygdalus* Batsch.

Introducción

La dinámica de la agricultura actual en busca de plantaciones homogéneas, reducción de costes y altas producciones, ha supuesto una importantísima renovación del material vegetal de muchas especies. En el caso de la fruticultura, donde fundamentalmente se trabaja con material clonal, este

estrechamiento varietal ha sido importante, ocasionando la pérdida de cultivares locales, que por su supervivencia a lo largo de los siglos en determinadas condiciones ambientales, son portadores de genes de adaptación y resistencia de gran importancia (SOCÍAS I COMPANYY, 1995).

La enorme importancia de esta diversidad para la agricultura, la alimentación y la

conservación del Medio Ambiente fue puesta de manifiesto en los años sesenta por la FAO (Food and Agriculture Organization), que ya alertó del peligro de la erosión genética en la Conferencia de Estocolmo en 1972 (SYKES, 1997).

En España, en las décadas de los 50 y 60, algunos investigadores reunieron colecciones de cultivares, generalmente con el objetivo de contar con este material vegetal para sus trabajos (SOCÍAS I COMPANY, 1996), siendo la del almendro prácticamente la última que se estableció a finales de los años 60 por Antonio J. Felipe en Zaragoza, habiendo suministrado el material base de muchas de las colecciones posteriores que se establecieron en distintos centros españoles.

Esta colección ha sido el punto de partida del banco actual de germoplasma español del almendro, cuyos objetivos básicos son:

- Mantener la diversidad genética de la especie, especialmente las formas locales españolas.
- Estudiar y documentar el material mantenido, para su posible utilización como material de partida en planes de mejora o en proyectos de transferencia tecnológica.

Material vegetal

El Banco de Germoplasma de Almendro de Zaragoza se comenzó a formar a finales de los años 60 a partir de catálogos de viveristas y prospecciones en la península Ibérica y las Islas Baleares y Canarias, que se llevaron a cabo en las décadas posteriores, con incorporaciones continuas hasta hoy en día. También se incluyeron cultivares tanto tradicionales como comerciales de las principales zonas de cultivo del almendro de todo el mundo y cuando se fundó el GREMPA

(Groupe de Recherches et d'Études Méditerranéen pour le Pistachier et l'Amandier) en 1974 en Zaragoza fue designada como su colección de referencia mundial.

Se decidió posteriormente mantener en este banco la colección de especies silvestres del GREMPA, emparentadas con el almendro cultivado, que incluye *P. fenzliana* Fritsch., *P. bucharica* (Korsh.) Fedtsch., *P. spinosissima* (Bge.) Franch., *P. webbii* (Spach) Vierh., *P. triloba* Lindl., *P. zabulica* Seraf., *P. kuramica* (A. kuramica Korsh.), *P. brahuica* Aitch. et Hemsl. y *P. kotschii* (A. kotschii Boiss.) (FELIPE, 1984). Una gran parte de éstas proceden de una prospección llevada a cabo por los doctores A. Felipe y C. Grasselly en 1975 en Irán y Afganistán, otras fueron enviadas por el Jardín Botánico Nikitskij de Yalta (Crimea), originarias de Irán y de Asia Central, y en el caso de *P. webbii* se introdujo una muestra de semillas procedentes de Sicilia y Creta, y otra procedente de una población silvestre hallada en Toledo (FELIPE y SOCÍAS I COMPANY, 1977).

Conforme se ha ido desarrollando el proyecto de mejora genética del almendro se han introducido algunas líneas de mejora interesantes, incluyendo también algunas procedentes de programas de otros centros españoles y extranjeros.

Con la creación de la Red Nacional de Bancos de Germoplasma en 1990, el Banco de Germoplasma de Almendro de Zaragoza fue nombrado colección nacional de referencia de esta especie. Es igualmente la colección de referencia de la Oficina Española de Registro de Variedades.

En total se conservan más de 250 entradas, cuyo origen y tipo de material se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de las accesiones según tipo de material y país de origen
Table 1. Classification of the accessions according to the type of material and country of origin

País	Cultivares tradicionales	Cultivares comerciales	Líneas de mejora	Especies silvestres	Total
Afganistán	—	—	—	8	8
Argentina	1	—	—	—	1
Australia	—	1	—	—	1
España	59	14	73	1	147
Francia	13	4	11	—	28
Grecia	6	2	—	—	8
Irán	—	—	—	2	2
Italia	16	—	5	1	22
Portugal	9	—	—	—	9
Rusia	—	4	—	—	4
Siria	5	—	—	—	5
Tunisia	4	—	—	—	4
Estados Unidos	—	18	—	—	18
Total	113	43	89	12	257

Metodología

Caracterización y evaluación

El conocimiento del material ha sido uno de los objetivos principales de la colección. Al principio se centró en su comportamiento de cara a la recomendación de cultivares para resolver los dos problemas más graves de la producción española: las heladas y la falta de polinización. Por ello los datos más importantes que se tomaron fueron los de la época de floración y autocompatibilidad, así como de la morfología del fruto (SOCIAS I COMPANY Y FELIPE, 1992). A lo largo de los años, en los que se han dado situaciones climáticas y bióticas de todo tipo, se han podido realizar interesantes anotaciones relacio-

nadas con susceptibilidad a heladas, plagas y enfermedades.

En la actualidad se está completando la caracterización y evaluación del material referente a datos de árbol, hoja, morfología de flores y yemas florales, en base a los descriptores de IPGRI (Internacional Plant Genetic Resources Institute) y UPOV (Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales). Algunos datos adicionales, como época de maduración, facilidad de manejo, valor nutricional, comportamiento industrial, etc., se han considerado importantes por su aportación al conocimiento del material. Todos estos datos han servido para conocer mejor la variabilidad de la especie, definir su ideotipo (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 1998) y llevar a cabo un programa de mejora genética.

Gestión

Cuando en el banco se da entrada a una accesión procedente de una prospección, donación o intercambio, se le asigna un número de clon que va a ser el identificador único del material. También se registran sus datos de pasaporte iniciales, como origen, fecha de entrada, tipo de muestra (planton, varetas, semillas,...), género, especie y, en su caso, nombre de la accesión.

En el momento de la plantación en la colección se anota su ubicación en el plano de la parcela y se etiqueta convenientemente. Es interesante la anotación de algunos datos de manejo como fecha de injerto, tipo de patrón, incompatibilidades patrón-injerto (si las hay), etc.

Documentación

Se entiende por documentación el registro, organización y análisis de toda la información relacionada con el banco de germoplasma (JARAMILLO y BAENA, 2000). Incluye datos de pasaporte, gestión, caracterización, evaluación del material y condiciones climatológicas en las que estos datos se han tomado.

Los datos de pasaporte incluyen los datos de identificación y recogida de la muestra e información adicional, como técnicas de cultivo, conservación, usos, etc. La mayoría de éstos se toman en el momento de la adquisición del material, otros se consiguen mediante investigaciones documentales y bibliográficas.

Estos datos, junto con los datos de gestión, caracterización y evaluación, se almacenan en una base de datos relacional diseñada en Microsoft Access, que permite

realizar consultas y clasificar los datos en función de los criterios que interesen en un determinado momento.

Los datos de pasaporte, caracterización y evaluación preliminar de nuestro Banco se encuentran almacenados además en la Base de Datos Europea de *Prunus* del ECP/GR (European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks), junto con los de todas las colecciones de *Prunus* europeas incluidas en esta red, para su publicación electrónica, con el fin de facilitar el conocimiento, y por tanto, la utilización del germoplasma, que es el fin último de la conservación.

Agradecimientos

Se agradece al INIA (Proyecto RF98-026) la financiación del estudio de esta colección.

Bibliografía

- FELIPE A.J., 1984. État actuel de l'arboretum des espèces sauvages d'amandier à Saragosse. Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ 84/II: 203-204.
- FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANYY R., 1977. Un amandier sauvage, probablement *P. webbii*, pas encore mentionné en Espagne. III Coll. GREMPA. Bari, 3-7 octobre, 78-79.
- JARAMILLO S., BAENA M., 2000. Conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Grupo Américas, Cali, Colombia, 122 pp.
- SOCIAS I COMPANYY R., 1995. El germoplasma frutal (1ª parte). Razones para una conservación. Frutic. Prof. 74: 6-12.

- SOCIAS I COMPANY R., 1996. El germoplasma (3ª y última parte). El esquema español. *Frutic. Prof.* 77: 65-72.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1992. Almond: A diverse germplasm. *Hortscience* 27 (7): 717-718, 863.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., GARCIA J.E., DICENTA F., 1998. The ideotype concept in almond. *Acta Hort.* 470: 51-56.
- SYKES T., 1997. The origin of the International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). *Plant Gen. Resour. Newsl.* 109: 22-24.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA Y EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO POR LOS FRUTOS DE ALGUNOS CULTIVARES ESPAÑOLES DE ALMENDRO

J.L. Espada Carbó*, M.T. Espiau Ramírez**

* Unidad Cultivos Leñosos, Centro de Técnicas Agrarias DGA

** Unidad de Fruticultura, Servicio de Investigación Agroalimentaria DGA,
Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

RESUMEN

El incremento de la contaminación y la eutrofización de las aguas ha motivado a la Comisión Europea a dictar normas relativas a la depuración de las aguas residuales y a reducir la emisión de nitratos de origen agrario (Directiva 91/676 CE).

Las dosis de aplicación de nitrógeno se determinarán según las necesidades de cada cultivo y lo suministrado por el suelo, el agua de riego y precipitaciones atmosféricas.

El nitrógeno es un elemento esencial que las plantas absorben en grandes cantidades, en particular aquellas especies capaces de producir grandes cosechas.

El almendro es capaz de acumular grandes cantidades de nitrógeno en los frutos, donde llega a alcanzar un 0,73% de su peso fresco. De los componentes del fruto, la semilla (pepita) supone el 61,08% de las exportaciones totales de nitrógeno, el mesocarpio el 24,61% y el endocarpio el 14,31%.

Las altas producciones obtenidas en plantaciones de almendro en regadío que llegan a superar los 1.500 kg/ha de semilla (pepita), provocan unas exportaciones de más de 120 kg de nitrógeno por hectárea y año. En el conjunto de cultivares estudiados los más eficientes son aquéllos cuyos porcentajes de semilla son los más altos y los de mesocarpio los más bajos sobre el peso total del fruto.

Palabras clave: Contaminación, Nitrógeno, Fruto, Semilla, Exportación.

SUMMARY

KERNEL PRODUCTION AND N EXPORTS BY FRUITS OF SOME SPANISH ALMOND CULTIVARS

The increase in water contamination and eutrophication has advised the regulation of depuration of residual waters as well as the reduction of nitrate emission by the agricultural production. As a consequence, nitrogen application needs to be regulated according to the requirements of each crop and to the supplies from the soil, the water for irrigation and the atmospheric precipitations.

Nitrogen is an essential element absorbed in great amounts by plants able to produce high yields. Almond is able to accumulate great amounts of nitrogen in the fruits, where N may reach 0.73% of the fresh weight. Among the fruit components, the kernels reach 61.08% of the total N exports, the endocarp 14.31%, and the mesocarp 24.61%.

The high yields obtained in irrigated almond orchards, reaching 1500 kg of kernel/ha, represent more than 120 kg of nitrogen per hectare and year. In the ensemble of the cultivars studied, the most efficient cultivars are those with the higher kernel percentage (over the total fruit weight and not over the in-shell weight) and the lower mesocarp percentage.

Key words: Contamination, Nitrogen, Fruit, Kernel, Export.

Introducción

La Comisión Europea, ante el incremento de la contaminación y la eutrofización de las aguas, ha establecido normas relativas a la depuración de aguas residuales y a la reducción de la emisión de nitrógeno de origen agrario. Una medida contemplada en esta normativa es elaborar códigos que recojan actuaciones respetuosas con el medio ambiente. El Real Decreto 262/1.996, tras pone a nuestra legislación la Directiva 91/676 CE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación por nitratos de origen agrario, ya que la agricultura juega un papel importante como una de las fuentes de esta contaminación.

Los objetivos del Real Decreto son el reducir y evitar la contaminación "nitríca" de las aguas, producida por el vertido de compuestos nitrogenados agrícolas que alcancen las aguas subterráneas o superficiales, pudiendo causar daños a la salud humana, los ecosistemas acuáticos y en otros usos legítimos de las aguas.

El nivel de 50 mg/l de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas marca el límite de la contaminación.

En las zonas vulnerables, se establecerán programas de actuación que contemplen entre otras medidas la limitación de aplicación de fertilizantes al terreno, manteniendo un equilibrio entre los requerimientos del cultivo y el nitrógeno disponible en el suelo.

Los códigos de buenas prácticas agrícolas deben definir los distintos tipos de fertilizantes nitrogenados, en cuanto a la forma en que presentan el nitrógeno y a su comportamiento en el suelo una vez aplicado y en la absorción y nutrición de las plantas cultivadas.

El balance de nitrógeno a nivel del suelo de cada parcela se hace necesario para controlar la contaminación y evaluar la efectividad de las medidas correctoras. En todo caso, deberá optimizarse la eficiencia de la utilización del nitrógeno por parte del cultivo y a la vez, minimizar las pérdidas por lavado. Las dosis de aplicación se determinarán según las necesidades del cultivo y lo suministrado por el suelo, el agua de riego y las precipitaciones atmosféricas. La generalización de normas se hace necesaria dada la gran diversidad de situaciones y condiciones edafológicas, climáticas y agrícolas que podemos encontrar.

La delimitación de las dosis de nitrógeno no reducirá el problema por sí sola, sino que habrá que tener en cuenta la gestión del suelo y el riesgo de lixiviación en cada sistema agrícola.

El nitrógeno es un elemento esencial que las plantas absorben en grandes cantidades, en particular aquellas especies capaces de producir grandes cosechas. El almendro (*Prunus amygdalus* Batsch = *Prunus dulcis* Mill.) es capaz de acumular grandes cantidades de nitrógeno (proteína) en los frutos,

donde llega a alcanzar un 0,73% de su peso fresco. La parte comestible del fruto (semilla) esta constituida por el 85% de proteína y lípidos, con pequeñas cantidades de azúcares y fibra. La semilla tiene un alto valor energético, del orden de 550-600 kcal por 100 gramos de materia seca. El contenido de proteína ($N \times 6,25$) de la semilla varía del 12 al 32% dependiendo del cultivar, las condiciones climáticas, las características de suelo y las técnicas culturales aplicadas. El contenido medio para cultivares españoles es del 24,75% (SAURA CALIXTO, 1981), mientras que los cultivares italianos varían entre 17,89 al 27,70% (GODINI *et al.*, 1979) y del 12 al 22,61% (BALDO, 1987). Los cultivares franceses contienen del 23 al 31,9% (SOUTY *et al.*, 1971) y los cultivares californianos del 18,6 al 24% (WOODROOF, 1982). Se comprueba que los cultivares más ricos en proteína son más pobres en lípidos ('Aï') e inversamente ('Ardècheoise').

Las altas producciones obtenidas en las plantaciones de almendro en regadío bien manejadas, donde aplicando las modernas técnicas de cultivo se llegan a sobrepasar los 1500 kg de semilla por hectárea y año, da lugar a unas elevadas extracciones y exportaciones. El acelerado proceso de agotamiento de las reservas de nitrógeno del suelo debe agravarse con la localización preferencial de las absorciones que tiene lugar en ciertas épocas del año en el bulbo húmedo bajo los emisores cuando se utilizan sistemas de riego localizado.

En el presente trabajo se exponen los resultados correspondientes al estudio del contenido de nitrógeno total en los diferentes componentes del fruto de algunos cultivares de almendro españoles, para delimitar las exportaciones de nitrógeno por los frutos y contribuir a una aportación razonada del nitrógeno en la fertilización de las plantaciones.

Material y métodos

Las muestras de fruto proceden de una finca de almendros situada en la comarca del "Bajo Aragón" de la Comunidad Autónoma de Aragón. La plantación está instalada sobre un suelo llano de textura franco-arcillo-arenosa y los árboles presentan un contenido medio de nitrógeno en hoja del 2,14% de la materia seca. La pluviometría media anual en la comarca fue de 462 mm. Las aportaciones suplementarias del agua se realizan mediante una instalación de riego localizado, aplicando el agua a través de 4 emisores por árbol, de 4 l/hora de caudal. El agua utilizada es de calidad aceptable ($CE = 1,26 \text{ dS/m}$). La programación de los riegos se ha realizado siguiendo la metodología FAO ($ET_c = K_c \times K_s \times ET_o$), utilizando los datos medios de una estación climática y tanque de evaporación tipo A instalado en la finca. Las demandas anuales de agua del cultivo han alcanzado 1072 mm, cubriendo esta cantidad con la lluvia efectiva ($0,70 \times$ lluvia total) más el riego.

Los consumos anuales de fertilizantes han sido de 90-50-135 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, aportándose con el agua de riego en dos aplicaciones semanales desde abril hasta octubre.

Se ha utilizado un diseño experimental con tres repeticiones por cultivar, totalmente al azar. La parcela elemental está formada por un solo árbol.

Los árboles de los cultivares: 'Desmayo Largueta', 'Marcona', 'Moncayo', 'Guara', 'Cominver', B-5-2, B-5-7 y 'Felisía', se plantaron en 1987, utilizando como patrón el híbrido GF-677.

Para garantizar la uniformidad de las muestras, los frutos de cada cultivar se han recolectado de la zona media de la copa del árbol, de todas las orientaciones (N, S, E,

W) y entre los estados fenológicos J y K de maduración (FELIPE y SOCIA S I COMPANY, 1997). En cada una de las muestras se ha determinado el peso fresco y el peso seco de cada uno de los componentes del fruto: mesocarpio, endocarpio y semilla (pepita). La determinación analítica del nitrógeno en cada uno de los componentes del fruto se efectuó siguiendo los métodos oficiales de análisis.

Resultados y discusión

Peso fresco del fruto

El peso fresco de los frutos tiene grandes variaciones entre cultivares, oscilando de un máximo de 19,55 g de 'Desmayo Largueta' a un mínimo de 6,18 g de 'Felisia'. De los componentes del fruto, el mesocarpio alcanza el mayor porcentaje (54,66%) del peso

del fruto, seguido del endocarpio (35,09%) y finalmente la semilla (10,25%).

Acorde con los resultados obtenidos (cuadro 1), el peso del pericarpio (endocarpio + mesocarpio) tiene importantes variaciones entre cultivares, con un máximo de 18,20 g de 'Desmayo Largueta' y un mínimo de 5,27 g de 'Felisia'. Sin embargo, la separación entre valores extremos de la incidencia porcentual del pericarpio sobre el peso total del fruto es más estrecha, 91,79% ('Desmayo Largueta') y 87,15% ('Felisia'). Parece que en el almendro existe una especie de compensación entre el desarrollo del mesocarpio y el endocarpio del fruto.

Agrupando los cultivares por la participación porcentual del pericarpio sobre el peso fresco del fruto, existen diferencias significativas entre cultivares pertenecientes a un mismo grupo en relación a su porcentaje de endocarpio (cáscara), pero no existen diferencias significativas respecto a su porcentaje de semilla.

Cuadro 1. Participación de los componentes del fruto en el peso fresco total
Table 1. Percentage of the different fruit components on the total fresh weight

Cultivar	Peso		Participación porcentual						Grupo
	100 frutos (g)		Pericarpio (1)		Endocarpio (2)		Semilla (pepita)		
Largueta	1.995	a	91,79	a	37,57	ab	8,21	a	A
Marcona	1.594	b	91,04	a	38,29	a	8.96	a	
Cominver	762	d	90,20	a	35,90	bc	9,80	ab	
Moncayo	1.302	c	89,83	b	34,23	d	10,17	bc	B
B-5-2	1.608	b	89,60	b	31,60	e	10,40	bc	
Guara	1.272	c	89,10	b	34,80	cd	10.90	c	
B-5-7	700	d	89,30	b	32,70	de	10,70	c	
Felisia	618	e	87,15	c	35,65	c	12,85	d	C
Media	1227		89,75		35,09		10,25		

Valores en columna con la misma letra son iguales estadísticamente Fisher LSD ($P \leq 0,05$). Pericarpio (1) = mesocarpio + endocarpio. Endocarpio (2) = cáscara.

Cuadro 2. Producción de materia seca por tonelada de fruto fresco (kg t⁻¹)
Table 2. Production of dry matter by ton of fresh fruit (kg t⁻¹)

Cultivar	Mesocarpio		Endocarpio		Semilla		Rendimiento (%)
Largueta	222,00	ab	311,94	a	71,44	e	22,9
Marcona	213,18	bc	319,89	a	78,40	e	24,5
Moncayo	222,13	ab	291,16	ab	89,29	cd	30,6
B-5-2	214,23	b	297,75	ab	96,47	b	33,7
Guara	237,52	a	268,79	b	90,69	cd	32,4
Cominver	222,37	ab	298,19	a	85,55	d	28,7
B-5-7	231,79	a	278,15	ab	94,85	bc	34,1
Felisía	204,52	c	299,68	a	112,44	a	37,5
Promedio	220,97		295,70		89,89		30,6

Valores en columna con la misma letra son iguales estadísticamente Fisher LSD ($P \leq 0,05$).

Mesocarpio

Contenido de materia seca

El peso de materia seca del mesocarpio alcanza una media de 220,87 kg por tonelada de frutos, variando significativamente entre cultivares. El máximo contenido de materia seca lo alcanzan 'Guara' (237,52 kg t⁻¹) y el mínimo corresponde a 'Felisia' (204,52 kg t⁻¹).

El porcentaje medio de materia seca del mesocarpio sobre la materia seca del fruto es del 36,45%, variando significativamente entre cultivares (cuadro 3). B-5-2 alcanza el máximo (39,81%) y 'Felisia' el mínimo (33,18%).

Contenido de nitrógeno en la materia seca

El porcentaje medio del contenido de nitrógeno en la materia seca del mesocarpio es de 0,77%. El máximo contenido corresponde a 'Marcona' (0,84%) y el mínimo a B-5-2 y 'Moncayo' (0,72%).

Exportaciones de nitrógeno

Las exportaciones medias de nitrógeno por el mesocarpio son de 1,77 kg por tonelada de fruto, variando significativamente entre cultivares (cuadro 5). La máxima exportación corresponde a 'Marcona' y 'Cominver' (1,79 kg t⁻¹) y la mínima a 'Felisia' (1,51 kg t⁻¹).

Endocarpio

Contenido de materia seca

El peso de materia seca del endocarpio alcanza una media de 295,17 kg por tonelada de frutos, variando significativamente entre cultivares. El máximo contenido de materia seca lo alcanzan 'Marcona' (319,89 kg t⁻¹) y 'Desmayo Largueta' (311,94 kg t⁻¹) y el mínimo corresponde a 'Guara' (268,779 kg t⁻¹).

El porcentaje medio de materia seca del endocarpio sobre la materia seca del fruto es de 48,74%, variando significativamente entre cultivares (cuadro 3). 'Marcona' alcanza el máximo (52,29%) y B-5-2 el mínimo (45,00%).

Cuadro 3. Porcentaje de participación sobre la materia seca del fruto
Table 3. Percentage of each component in fruit dry matter

Cultivar	% de materia seca del fruto					
	Mesocarpio		Endocarpio		Semilla	
Largueta	36,68	c	51,51	b	11,81	a
Marcona	34,89	d	52,29	a	12,83	b
Moncayo	36,88	b	48,29	cd	14,82	d
B-5-2	39,81	a	45,00	e	15,20	de
Guara	35,23	cd	48,91	c	15,86	f
Cominver	33,71	bc	49,17	c	14,12	c
B-5-7	38,35	ab	45,97	de	15,69	ef
Felisia	33,18	e	48,70	c	18,24	g
Promedio	36,45		48,74		14,81	

Valores en columna con la misma letra son iguales estadísticamente Fisher LSD ($P \leq 0,05$).

Cuadro 4. Porcentaje de nitrógeno en la materia seca de cada componente del fruto
Table 4. Percentage of nitrogen in dry matter of each fruit component

Cultivar	Mesocarpio	Endocarpio	Semilla
Largueta	0,78	0,16	4,72
Marcona	0,84	0,18	4,54
Moncayo	0,72	0,18	4,37
B-5-2	0,72	0,16	4,56
Guara	0,83	0,19	4,46
Cominver	0,81	0,14	4,10
B-5-7	0,73	0,19	4,37
Felisia	0,74	0,19	4,24
Promedio	0,77	0,17	4,42

Contenido de nitrógeno en la materia seca

El porcentaje medio del contenido de nitrógeno en la materia seca del endocarpio es de 0,34%. El máximo contenido corresponde a B-5-7, 'Guara' y 'Felisia' (0,38%) y el mínimo a 'Cominver' (0,28%).

Exportaciones de nitrógeno

El endocarpio es el componente del fruto que tiene menor participación en las exportaciones de nitrógeno. Las exportaciones medias de nitrógeno por el endocarpio son de 1,03 kg por tonelada de fruto, variando

significativamente entre cultivares (cuadro 5). La máxima exportación corresponde a 'Marcona' (1,15 kg t⁻¹) y la mínima a 'Cominver' (0,83 kg t⁻¹).

Semilla

Contenido de materia seca

El peso de materia seca de la semilla alcanza una media de 89,89 kg por tonelada de frutos, variando significativamente entre cultivares. El máximo contenido de materia seca lo alcanzan 'Felisia' (112,44 kg t⁻¹) y el mínimo corresponde a 'Desmayo Largueta' (71,44 kg t⁻¹).

El porcentaje medio de materia seca de la semilla sobre la materia seca del fruto es de 14,81%, variando significativamente entre cultivares (cuadro 3). 'Felisia' alcanza el máximo (18,24%) y 'Desmayo Largueta' el mínimo (11,81%).

Contenido de nitrógeno en la materia seca

El porcentaje medio del contenido de nitrógeno en la materia seca de la semilla es

de 4,42%. El máximo contenido corresponde a 'Desmayo Largueta' (4,72%) y el mínimo a 'Cominver' (4,10%).

Exportaciones de nitrógeno

La semilla es el componente del fruto que tiene mayor participación en las exportaciones de nitrógeno. Las exportaciones medias de nitrógeno por la semilla son de 4,54 kg por tonelada de fruto, variando significativamente entre cultivares (cuadro 5). La máxima exportación corresponde a 'Felisia' y B-5-7 (6,38 y 6,10 kg t⁻¹) y la mínima a 'Desmayo Largueta' (2,82 kg t⁻¹).

Exportaciones de nitrógeno por el fruto

Las exportaciones medias de nitrógeno por tonelada de fruto son de 7,34 kg. El cultivar con mayor nivel de exportación es 'Felisia' (9,02 kg t⁻¹) y la menor 'Desmayo Largueta' (5,54 kg t⁻¹). Entre cultivares existen diferencias significativas en las exportaciones totales de nitrógeno por tonelada de fruto (cuadro 5).

Cuadro 5. Exportaciones de nitrógeno por tonelada de fruto (kg t⁻¹)
Table 5. Nitrogen exports for tone of fruit (kg t⁻¹)

Cultivar	Mesocarpio		Endocarpio		Semilla		Total	
Largueta	1,73	ab	0,99	bc	2,82	a	5,54	a
Marcona	1,79	a	1,15	a	3,75	ab	6,68	ab
Moncayo	1,60	ab	1,04	ab	3,94	ab	6,58	ab
B-5-2	1,70	ab	0,86	cd	4,19	ab	6,75	ab
Guara	1,77	ab	1,13	a	4,33	b	7,23	bc
Cominver	1,79	a	0,83	d	4,66	bc	7,29	bc
B-5-7	1,69	ab	1,05	a	6,10	cd	8,84	cd
Felisia	1,51	b	1,13	a	6,38	d	9,02	d
Promedio	1,77		1,03		4,54		7,34	

Valores en columna con la misma letra son iguales estadísticamente Fisher LSD (P < 0.05).

Como la parte comestible del fruto es la semilla y la que a nivel de productor tiene mayor importancia económica, si referimos las exportaciones de nitrógeno por los frutos

en relación al peso de materia seca de semilla producida (cuadro 6), podemos realizar la siguiente clasificación de los cultivares por su nivel de eficiencia:

Nivel de eficiencia	Cultivares	Exportaciones de N por el fruto para producir 100 kg de semilla
Alto	Moncayo, B-5-2 y Guara	Menos de 7,5 kg de Nitrógeno (N)
Medio	Felisía y Langueta	De 7,5 a 8,5 kg de Nitrógeno (N)
Bajo	Cominver y B-5-7	Más de 8,5 kg de Nitrógeno (N)

Cuadro 6. Producción de semilla y exportaciones de nitrógeno (kg) por el fruto
Table 6. Kernel production and nitrogen exports (kg) by fruit

Cultivar	Producción de semilla (kg de materia seca)			
	100	500	1.500	2.000
Langueta	7,76	38,80	116,4	155,2
Marcona	8,52	42,60	127,8	170,4
Moncayo	7,43	37,15	111,4	148,6
B-5-2	7,45	37,25	111,7	149,0
Guara	7,49	37,45	112,3	149,8
Cominver	8,58	42,90	128,7	171,6
B-5-7	9,32	46,60	139,8	186,4
Felisía	8,05	40,25	120,7	161,0
Promedio	8,15	40,75	122,2	163,0

Conclusiones

El fruto del almendro se compone básicamente de tres partes: mesocarpio, endocarpio y semilla. En general, en los diferentes trabajos únicamente se han considerado el endocarpio (cáscara) y la semilla (pepita) como los componentes del fruto, ignorando la parte de mayor peso (mesocarpio) y el papel que juega en el aspecto nutricional y

balance de agua de los frutos, particularmente en áreas con reducidos recursos hídricos.

La cáscara juega un papel importante en la protección de la semilla frente a los agentes exteriores (pájaros, plagas, enfermedades, etc.). Entre cultivares con similar peso fresco total del fruto y rendimiento en semilla, es deseable producir aquellos cultivares con mayor dureza de cáscara que puedan garantizar una eficiente protección de la semilla.

Los frutos del almendro por el elevado contenido de proteína en sus semillas, realizan exportaciones de nitrógeno por unidad de peso fresco del orden de 3 a 3,5 veces superiores a las especies consideradas exigentes (cerezo y melocotonero).

Los cultivares más eficientes son aquellos con mayores porcentajes de semilla y menores de mesocarpio de la materia seca total del fruto.

Las exportaciones de nitrógeno por los frutos para producciones de 1.500 kg de semilla (pepita) por hectárea, superan los 120 kg de nitrógeno.

La delimitación de las dosis de nitrógeno, no reducirá el problema por sí sola, sino que habrá que tener en cuenta la gestión del suelo, la distribución temporal de los consumos por el árbol y el riesgo de lixiviación en cada sistema agrícola.

Bibliografía

- BALDO C. 1987. Composizione chimica di alcune cultivar di mandorle prodotte nell'Italia meridionale. Tesi di laurea in Scienze delle Preparazioni Alimentari. Università di Milano 1986/87.
- BOTÍA P., ROMERO P., GARCÍA MONREAL F., MOYA A., ABADÍA A. 1998. Evaluación de estrategias de riego deficitario controlado en condiciones de riego subterráneo en almendro. Primeros resultados. 4º Simposium Hispano-Portugués de Relaciones Hídricas en Plantas, pp. 80-88.
- DICENTA F., GARCÍA J.E. 1993. Inheritance of self-compatibility in almond. *Heredity* 70: 313-317.
- ESTEBAN E., GÓMEZ M., RECALDE L. 1969. Dinámica anual de los macronutrientes en almendro I. Primeros resultados, *Agrochimica* 13: 336-345.
- FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R. 1987. 'Aylés', 'Guara' and 'Moncayo' almonds. *HortScience* 22: 961-962.
- GARCÍA OLMEDO R., CARBALLIDO A., DÍAZ MARQUINA A. 1978. Study of the insaponifiable constituents of Spanish nut oils. I. II. III y IV. *An. Bromatol.* 30 (1, 2, 3, 4): 63-285.
- LEGAVE J.M., RICHARD J.C., THERMOZ J.P., DUVAL H. 1997. Lauranne 'Avijor' dans la course. *Fruits Légumes* 155: 83-38.
- RUIZ-SÁNCHEZ M.C., TORRECILLAS A., DEL AMOR F., LEÓN A. 1987. Mineral elements changes in almond leaves under different irrigation regimes. *Adv. Hort. Sci.* 1:95-97.
- SÁNCHEZ A., GUILLÉN I., MORÍN P. 1997. Estudio de los nutrientes en hojas de Desmayo Largueta, Marcona y Genco como base para una fertilización diferencial. *Actas Hort.* 20: 1014-1021.
- SAURA-CALIXTO F., CAÑELLAS J. 1980a. Determination of inorganic elements in almonds. Part II: B, S, Cl and N. *An. Bromatol.* 32 (4): 375-380.
- SAURA-CALIXTO F., CAÑELLAS J., BAUZA M. 1980b. Soluble carbohydrates in sweet almond varieties. *An. Bromatol.* 32 (3): 263-270.
- SEQUEIRA R.M., LEW R.B. 1970. The carbohydrate composition of almond hulls. *J. Agric. Food Chem.* 18 (5): 950-951.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J. 1992. Self-compatibility and autogamy in 'Guara' almond. *J. Hort. Sci.* 67 (3): 313-317.
- SOUTY M., ANDRÉ P., BREUILS C., JACQUEMIN G. 1971. Étude sur la qualité des amandes *Amygdalus communis* L.; variabilité de quelques caracteres biochimiques. *Ann. Technol. Agric.* 20 (2): 121-130.
- URIU R. 1978. Almond Orchard Management. Soil and Plant. Analysis and symptomatology for diagnosis of mineral deficiencies and toxicities. *Univ. California Div. Agric. Sci.*, pp. 89-96.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A. 1994. Masbovera, Glorieta and Francoli, three new almond varieties from IRTA. *Acta Hort.* 373: 75-82.
- WOODROOF J.G. 1982. Composition and nutritive value of nuts. En: *Tree Nuts: production, processing, products*. 2nd ed. Avi, Westport, Connecticut, pp. 49-80 y 139-180.

RESISTENCIA AL VIRUS DE LA SHARKA (*plum pox potyvirus*) EN ALMENDRO

F. Dicenta, M. Rubio, M. Gambín, P. Martínez-Gómez

Departamento de Mejora y Patología Vegetal. CEBAS-CSIC,
Apartado 4195, 30080 Murcia, España
e-mail: fdicenta@natura.cebas.csic.es

RESUMEN

La sharka, enfermedad causada por el *plum pox potyvirus* (PPV), afecta a algunas especies del género *Prunus* como el albaricoquero, el melocotonero y el ciruelo, y en menor medida al cerezo y el guindo. En almendro, algunos aislados del PPV han sido transmitidos experimentalmente al cultivar 'Ai'. Estas plantas infectadas han sido incluso utilizadas como fuente de inóculo utilizando pulgones, mostrando así el papel potencial del almendro en la transmisión de la enfermedad. En este trabajo se ha estudiado en condiciones controladas el nivel de resistencia de 9 cultivares de almendro frente a un aislado Tipo D del PPV, injertando los cultivares sobre patrones (melocotonero GF305) inoculados. Ninguno de los cultivares ensayados mostraron síntomas y fueron ELISA negativos en comparación con los fuertes síntomas observados en el patrón inoculado, demostrando su resistencia al PPV.

Palabras clave: Almendro, *Prunus dulcis*, Sharka, *Plum pox potyvirus*, Resistencia.

SUMMARY

RESISTANCE TO SHARKA (*PLUM POX POTYVIRUS*) IN ALMOND

Sharka, disease caused by *plum pox potyvirus* (PPV), affects some *Prunus* species like apricot, peach and plum and in a lesser degree, sweet and sour cherry. In almond, different PPV isolates were experimentally transmitted to 'Ai' cultivar. Some of these infected almonds were even a source of virus for aphid vectors, showing the potential role of almond as a virus source in sharka epidemics. In this study, the resistance of nine important almond cultivars to a Type D PPV isolate was evaluated in controlled conditions, grafting the cultivars onto inoculated GF305 peach rootstocks. The results demonstrated the resistance to PPV of all assayed almond cultivars. They did not show any symptoms and were ELISA negative in comparison to the strong symptoms observed in the GF305 rootstock.

Key words: Almond, *Prunus dulcis*, Sharka, *Plum pox potyvirus*, Resistance.

Introducción

La sharka, enfermedad viral producida por el *plum pox potyvirus* (PPV), es en la actualidad uno de los factores limitantes más

importantes para el cultivo de frutales en las zonas afectadas (NÉMETH, 1994). Este virus afecta a la mayoría de especies del género *Prunus* sobre todo albaricoquero, ciruelo y melocotonero. Más recientemente también

se ha detectado en guindo y cerezo (NEMCHINOV y HADIDI, 1996). El PPV se caracteriza por su gran variabilidad, si bien han sido descritos dos grandes grupos de aislados en Europa y América. Tipo Dideron (D) y Tipo Marcus (M) (QUIOT *et al.*, 1995). Otros aislados con una menor distribución son el Tipo El Amar (E) en el norte de África (WETZEL *et al.*, 1991) y el Tipo Cherry (C) en Europa central (NEMCHINOV y HADIDI, 1996). Actualmente, el control de la enfermedad se realiza mediante el arranque de los árboles enfermos y el uso de cultivares certificados libres de virus. Estas medidas reducen la dispersión del virus aunque sin garantizar su erradicación (DICENTA *et al.*, 1999).

La superficie cultivada de almendro en España es de unas 500.000 Ha. Si esta especie fuera susceptible al PPV o pudiera contribuir a su difusión, el control de la enfermedad sería todavía más difícil. DALLOT *et al.* (1997) transmitieron experimentalmente el PPV al cultivar 'Ai', consiguiendo incluso transmitirlo desde almendros infectados a otras plantas mediante pulgones. Esto pone de manifiesto que el almendro podría contribuir a la propagación de la enfermedad, si bien hasta la fecha no se ha descrito ningún caso de infección natural en campo.

Este trabajo tiene como objetivo la evaluación en condiciones controladas del nivel de resistencia al PPV de 9 cultivares de almendro cultivados en España y Estados Unidos frente a un aislado del PPV representativo de la población española.

Material y métodos

Material vegetal

Los cultivares de almendro ensayados fueron los de origen español 'Desmayo Largue-

ta', 'Marcona', 'Ramillete', 'Guara', 'Marta' y 'Antoñeta', los franceses 'Ferragnès' y 'Lauranne', y el de origen californiano 'Non-pareil'. Como patrón se utilizaron plantas procedentes de semillas de melocotonero GF305, caracterizado por su elevada susceptibilidad al *plum pox potyvirus* (BERNHARD *et al.*, 1969) y muy utilizado como patrón susceptible en los ensayos de evaluación de la resistencia al PPV de diversos *Prunus* (AUDERGON y MORVAN, 1990; GABOVA, 1994).

Aislado ensayado

Como fuente del *plum pox potyvirus* (PPV) se utilizó el aislado RB3.30, aislado Tipo Dideron (D) procedente de la colección de aislados del IVIA de Valencia, considerado representativo de la población española de aislados de PPV (ASENSIO, 1996).

Evaluación del nivel de resistencia

La evaluación *in vivo* del nivel de resistencia se realizó aplicando el método descrito por MARTÍNEZ-GÓMEZ y DICENTA (1998), en condiciones controladas en invernadero, utilizando como patrón el melocotonero GF305. Diez repeticiones de cada cultivar fueron injertadas sobre el patrón previamente inoculado mediante injerto de corteza con el PPV. Las plantas fueron sometidas a 2 ciclos de crecimiento artificial, con períodos de 4 meses en invernadero y 2 meses de letargo artificial en cámara fría a 7 °C y oscuridad.

La presencia de síntomas en el patrón fue indicativa de la eficiente inoculación del virus. La evaluación del nivel de resistencia frente al PPV de los cultivares ensayados se realizó mediante la observación de síntomas en hoja en cada ciclo de estudio, dos meses después de la salida de la cámara fría, utili-

zando una escala entre 0 (ausencia de síntomas) y 5 (máxima intensidad de síntomas). Para verificar la presencia o ausencia del virus, se aplicó la prueba ELISA-DASI con anticuerpos monoclonales 5B-IVIA específicos de PPV, realizando lecturas de densidad óptica a 405 nm a los 60 minutos (CAMBRA *et al.*, 1994). Los cultivares que no mostraron síntomas ni dieron ELISA+ fueron considerados resistentes.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la evaluación de la resistencia de los cultivares de almendro estudiados se muestran en el cuadro 1. Después de dos ciclos de estudio, todos los cultivares de almendro ensayados

(‘Desmayo Largueta’, ‘Marcona’, ‘Ramillete’, ‘Guara’, ‘Marta’, ‘Antoñeta’, ‘Ferragnès’, ‘Lauranne’ y ‘Nonpareil’) se mostraron resistentes al asilado ensayado.

Podemos observar que a pesar de los síntomas observados en el patrón GF305, con una intensidad media de 3,3 y 2,5 en el primer y segundo ciclo respectivamente, no se observaron síntomas en ninguno de los cultivares (cuadro 1, fig. 1). También es de destacar que ninguno de los cultivares dio ELISA positivo.

El nivel de resistencia al aislado Tipo D de PPV observado en todos los cultivares estudiados no coincide con los resultados obtenidos por DALLOT *et al.* (1997), que observaron la susceptibilidad del cultivar francés de almendro ‘Ai’ a aislados Tipo D y M, en condiciones de inoculación artificial mediante injerto de corteza.

Cuadro 1. Evaluación de la resistencia de 9 cultivares de almendro al aislado Tipo D RB3.30 del *Plum pox potyvirus*. Porcentaje de patrones GF305 y cultivares de almendro mostrando síntomas después de dos ciclos de estudio. Entre paréntesis, intensidad media de síntomas para las plantas enfermas

Table 1. Evaluation of resistance of 9 almond cultivars to the Type D isolate RB3.30 of plum pox potyvirus. Percentage of GF305 rootstocks and almond cultivars with symptoms in the two cycles studied. In parenthesis, mean intensity of symptoms for diseased plants

	Ciclo 1		Ciclo 2	
	GF305	Cultivar	GF305	Cultivar
‘Antoñeta’	100 (3.2)	0 (—)	100 (2.8)	0 (—)
‘Marta’	67 (3.2)	0 (—)	75 (2.7)	0 (—)
‘Guara’	70 (3.9)	0 (—)	90 (3.4)	0 (—)
‘Marcona’	71 (2.2)	0 (—)	67 (2.2)	0 (—)
‘Desmayo’	40 (4.4)	0 (—)	50 (2.6)	0 (—)
‘Ramillete’	55 (3.6)	0 (—)	78 (2.3)	0 (—)
‘Ferragnès’	43 (1.7)	0 (—)	44 (1.5)	0 (—)
‘Lauranne’	89 (4.1)	0 (—)	80 (2.6)	0 (—)
‘Nonpareil’	44 (3.0)	0 (—)	43 (2.7)	0 (—)
Media	60 (3.3)	0 (—)	65 (2.5)	0 (—)



Figura 1. Cultivar 'Antoñeta' injertado sobre melocotonero GF305 inoculado con el PPV. Es posible observar la ausencia de síntomas de PPV en este cultivar frente a los fuertes síntomas que presenta el GF305.

Figure 1. 'Antoñeta' cultivar grafted onto GF305 peach inoculated with PPV. It is possible to see the absence of sharka symptoms in the cultivar in front of the strong symptoms showed in the GF305.

Por otro lado, DALLOT *et al.* (1997) indicaron también una menor susceptibilidad de este cultivar de almendro a aislados Tipo D frente a aislados Tipo M. Estos aislados Tipo M han sido descritos como más agresivos en albaricoquero que los aislados Tipo D (QUIOT *et al.*, 1995) utilizados en este ensayo. Esta menor patogenicidad podría explicar el alto nivel de resistencia observado frente a nuestro aislado Tipo D.

Podemos concluir que los resultados obtenidos muestran la resistencia del almendro al aislado ensayado, y en consecuencia no pare-

ce probable que este frutal pueda contribuir a la difusión de la enfermedad en países como España y Estados Unidos, máximos productores mundiales de almendro, donde hasta la fecha sólo se han descrito aislados Tipo D, como el utilizado en este ensayo.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el proyecto AGF98-0991-C02-01 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Bibliografía

- AUDERGON J.M., MORVAN G., 1990. A rapid method for assessing the sensivity of apricot to *Plum Pox Virus*. 2 Rencontres de Virologie Végétale, Aussois (France), enero 1989. 13.
- ASENSIO M., 1996. El virus de la sharka (*plum pox virus*): Caracterización, diagnóstico y detección mediante anticuerpos monoclonales específicos. Ed. Universidad Valencia.
- BERNHARD R., MARÉNAUD C., SUTIC D., 1969. Le pêcheur GF305 indicateur polyvalent des virus des espèces à noyau. Ann. Phytopathol. 1: 603-617.
- CAMBRA M., ASENSIO M., GORRIS M.T., CAMARASA E., GARCIA J.A., MOYA J.J., LÓPEZ-ABELLA D., VELA C., SANZ A., 1994. Detection of *Plum pox virus* using monoclonal antibodies to structural and non-structural proteins. Bull. EPPO 24 (3): 569-578.
- DALLOT S., BOUSALEM M., BOEGLIN M., RENAUD L.Y., QUIOT J.B., 1997. Potential role of almond in sharka epidemics: susceptibility under controlled conditions to the main types of *plum pox potyvirus* and survey for natural infections in France. Bull. EPPO 27: 539-546.
- DICENTA F., PÉREZ-CAMPOY P., MARTÍNEZ-GÓMEZ P., GARCÍA BRUNTON J., BOTELLA M.A., 1999. Natural spread of sharka disease in fruit tree orchards in Murcia (Spain). Acta Hortic. 488 (2): 769-773.
- GABOVA R., 1994. Evaluation of peach and nectarine cultivars in Bulgaria for their resistance to *plum pox potyvirus*. Bull. EPPO 24 (3): 755-760.
- MARTÍNEZ-GÓMEZ P., DICENTA F., 1998. Evaluación de la resistencia al virus de la sharka (*Plum pox potyvirus*) en albaricoquero. ITEA 94(2): 76-88.
- NEMCHINOV L., HADIDI A., 1996. Characterization of the sour cherry strain of *plum pox virus*. Phytopathology 86: 575-580.
- NÉMETH M., 1994. History and importance of plum pox in stone-fruit production. Bull. EPPO 24 (3): 525-537.
- QUIOT J.B., LABONNE G., BOEGLIN M., ADAMOLLE C., RENAUD L.Y., CANDRESSE T., 1995. Behaviour of two isolates of *Plum pox virus* inoculated on peach and apricot trees. Fûts results. Acta Hortic. 386: 290-294.
- WEITZEL T., CANDRESSE T., RAVELONANDRO M., DELBOS R.P., MAYZAD H., ABOUL-ATA A.E., DÍEZ J., 1991. Nucleotide sequence of the 3'-terminal region of the RNA of the EL Amar strain of *plum pox potyvirus*. J. Gen. Virol. 72: 1741-1746.

HEREDABILIDAD DE LOS CARACTERES DE FRUTO Y PEPITA EN EL ALMENDRO

N. Arteaga, R. Socías i Company

Unidad de Fruticultura SIA - DGA, Apartado 727,
50080 Zaragoza, España

RESUMEN

La variabilidad y la heredabilidad de algunos caracteres del fruto y la pepita se estudiaron en 22 familias del programa de mejora genética del almendro desarrollado en el SIA de Zaragoza.

Los caracteres estudiados comprendieron parámetros métricos y ponderados. Los caracteres métricos fueron peso, longitud (L), anchura (A), espesor (E) y sus relaciones A/L y E/L tanto para el fruto como para la pepita, así como el rendimiento en pepita y el porcentaje de pepitas dobles. Los caracteres ponderados fueron forma, tipo de superficie y presencia de mucrón tanto para el fruto como para la pepita, así como la presencia de quilla, presencia y tamaño de agujeros en la cáscara, espesor de la cáscara, cáscara con doble capa, presencia de surcos en la pepita, color del tegumento y sabor de la pepita.

Las heredabilidades más altas se observaron para longitud, espesor, relaciones A/L y E/L, forma, tipo de superficie y tamaño de los agujeros para el fruto, así como para longitud y relaciones A/L y E/L para la pepita. Estos resultados muestran la correlación de la heredabilidad del mismo carácter para el fruto y la pepita y que la forma y el tamaño del fruto y la pepita son altamente heredables.

La comparación con los resultados reseñados previamente para algunos de estos caracteres muestran que nuestras heredabilidades son inferiores. Esta disminución puede deberse a la mayor diversidad genética entre los parentales de estas 22 progenies, así como a las condiciones de cultivo diferentes de los parentales y las plantas de mejora al considerar la heredabilidad por regresión.

Palabras clave: *Prunus amygdalus* Batsch, Fruto, Pepita, Heredabilidad.

SUMMARY

HERITABILITY OF FRUIT AND KERNEL TRAITS IN ALMOND

The variability and heritability of several fruit and kernel traits were studied in 22 families of the almond breeding programme being developed at the SIA of Zaragoza.

The traits studied included metric and non-metric parameters. The metric traits were weight, length (L), width (W), thickness (T) and their relations W/L and T/L both for fruit and kernel, as well as the kernel percentage and the amount of double kernels. Non-metric traits included shape, surface type, and mucro presence both for fruit and kernel, as well as the presence of keel, presence and size of points on the shell, shell thickness, shell with a double layer, presence of furrows on the kernel, tegument colour and kernel taste.

The highest heritabilities were observed for length, thickness, relations W/L and T/L, shape, surface type and point size for the fruit, as well as for length and relations W/L and T/L for the kernel. These results show a correlation of heritability of the same trait for fruit and kernel and that the shape and size of the fruit and kernel are highly heritable.

Comparison with results reported previously for some of these traits show that our heritabilities are lower. This decrease could be due to the larger genetic diversity among the parents involved in these 22 progenies, as well as to the different growing conditions of the parents and the seedlings when considering the heritability by regression.

Key words: *Prunus amygdalus* Batsch, Fruit, Kernel, Heritability.

Introducción

Los criterios de calidad utilizados hasta ahora en el almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) han sido fundamentalmente parámetros físicos. Aunque se han expuesto consideraciones sobre el sabor de las distintas almendras, especialmente según su procedencia, estas diferencias no se han cuantificado y cuando se ha estudiado la composición química de los distintos cultivares, las diferencias observadas difícilmente explican los criterios subjetivos de calidad previamente indicados. Así, en el International Nut Council se ha llegado al criterio de considerar la composición química media de la almendra (QUATRUCCI, 1996) ante la dificultad de establecer un criterio claro en cuanto a las diferencias observadas, especialmente en cuanto a la composición de los diferentes ácidos grasos (ABDALLAH *et al.*, 1998).

Es evidente que cada tipo de almendra, debido a su diferente composición, puede adaptarse mejor a determinados usos, ya que las posibilidades de utilización de las almendras son numerosas: distintos tipos de turrón, mazapán, leche de almendra, peladillas, aperitivos... Aunque esta posibilidad ya fue apuntada hace más de 30 años por BERGER (1969), se le ha dedicado muy poca

atención y hasta muy recientemente no se ha puesto interés en la capacidad transformadora de cada cultivar (ROMERO *et al.*, 2001).

Sin embargo, el mercado mundial sigue basándose en criterios físicos: calibres dentro de la homogeneidad de una muestra, como es 'Nonpareil' y los tipos California en la producción californiana. El mercado español sólo diferencia los cultivares 'Marcona' y 'Desmayo Largueta', mientras que el resto de la producción española se acumula en el apartado de "comunales". Por ello, los esfuerzos de los planes de mejora en España se han dirigido a la obtención de cultivares que se asemejen a 'Marcona' y 'Desmayo Largueta', pero con mejores caracteres agronómicos, especialmente la autocompatibilidad (GARCÍA *et al.*, 1996; SOCIAS I COMPANY, 1989).

La heredabilidad de algunos caracteres del fruto y la pepita ha sido ya estudiada (SOCIAS I COMPANY, 1998), aunque de forma parcial: el peso del fruto y la pepita, las dimensiones de la pepita, la forma, la dureza de la cáscara, etc. (KESTER *et al.*, 1977). A pesar de que las características comerciales de la pepita vienen definidas por sus dimensiones lineales, así como por la relación longitud/anchura (KESTER, 1965; KESTER *et al.*, 1980), llama la atención que no se haya estudiado la hereda-

bilidad de las relaciones entre las dimensiones lineales del fruto y la pepita, que definen básicamente su forma. Por ello, nuestro objetivo ha sido el de estudiar la heredabilidad de los distintos parámetros físicos que definen el fruto y la pepita del almendro.

Materiales y Métodos

Se estudiaron 519 plantas procedentes de 22 cruzamientos (5 de ellos recíprocos de otros) entre 16 parentales que incluyen dos cultivares tradicionales españoles ('Marcona' y 'Menut'), una selección local española ('Bertina'), cinco obtenciones del programa de mejora genética del SIA-DGA ('Aylés', 'Cambra', 'Felisia', 'Guara' y 'Moncayo'), un cultivar italiano ('Tuono'), dos obtenciones del programa de mejora genética francés ('Ferragnès' y 'Ferralise') y cinco selecciones del programa del SIA-DGA (B-4-2, B-5-2, B-5-7, H-4-34 y H-4-38).

Se recogieron de cada árbol muestras de 50 frutos al azar siempre que fuera posible y se dejaron secar para después proceder a la toma de datos del fruto seco, incluyendo parámetros ponderados y métricos. Los primeros, determinados por observación, fueron: forma (largo, amigdalóide, elíptico, acorazonado o redondo), mucrón (inexistente, saliente o muy pronunciado), quilla (inexistente, poco marcada, media o acusada), superficie (lisa, rugosa o asurcada), puntuaciones (escasas, medias o abundantes), tamaño de las puntuaciones (pequeñas o grandes) y existencia de capas en la cáscara (observadas al cascar el fruto). Los caracteres métricos del fruto fueron: peso, longitud, anchura y espesor. Al cascar el fruto también se midió el espesor de la cáscara, se obtuvieron las pepitas y se calculó el rendimiento en pepita y el porcentaje de pepitas dobles.

Con las pepitas también se tomaron datos ponderados y métricos. Los primeros fueron: forma (larga, amigdalóide, elíptica, acorazonada o redonda), mucrón (presencia o no), superficie del tegumento (lisa, débilmente rugosa, rugosa, bastante rugosa o muy rugosa), surcos (ausentes, único o múltiples; porcentaje de presencia), coloración (por las tablas de color de la Royal Horticultural Society (RHS, 1966)) y sabor (dulce o amargo). Los caracteres métricos fueron: peso, longitud, anchura y espesor.

Tanto para el fruto como para la pepita se calcularon las relaciones anchura/longitud y espesor/longitud.

La heredabilidad se calculó tanto por el sistema de regresión como por el de varianza. La heredabilidad por regresión es una heredabilidad en sentido estricto (FALCONER, 1970) y se calculó con la fórmula:

$$Y_i = B_0 + B_1 X_i + E_i$$

en la que

Y_i = media de la progenie de la i -ésima familia (= 1, 2, ..., 21).

B_0 = media del total de la progenie estudiada.

B_1 = coeficiente de regresión.

X_i = media de los genitores de la i -ésima familia.

E_i = error experimental.

La heredabilidad calculada mediante los componentes de la varianza se halló con la fórmula (KEARSEY, 1965; MATHER y JINKS, 1971):

$$h^2 = 2S_f^2 / (S_f^2 + S_e^2)$$

en la que

S_f^2 es la varianza entre familias.

S_e^2 es la varianza dentro de familias o varianza del error.

Resultados

Con el fin de analizar los distintos parámetros estudiados se han agrupado los

caracteres métricos y ponderados tanto para el fruto como para la pepita en el cuadro 1.

Para todos los caracteres las heredabilidades fueron bajas, con una diferencia notable en algunos casos entre los dos métodos y en general inferiores a los indicados para aquellos caracteres que ya se habían estudiado previamente (DICENTA *et al.*, 1983:

Cuadro 1. Heredabilidad de distintos caracteres del fruto y la pepita del almendro
Table 1. Heritability of different fruit and kernel traits in almond

Carácter			Heredabilidad por varianza	Heredabilidad por regresión
Fruto	Métrico	Longitud	0,4954	0,0564
		Anchura	0,3674	0,0398
		Espesor	0,2797	0,0326
		A/L	0,4614	0,0446
		E/L	0,5272	0,0545
		E/A	0,2953	0,0275
		Peso	0,2316	0,1081
	Ponderado	Espesor de la cáscara	0,5072	0,1223
		Forma	0,4139	0,1400
		Mucrón	0,2070	0,0769
		Quilla	0,2475	0,0895
		Superficie	0,8031	0,1255
		Capas en la cáscara	0,3748	0,1816
		Puntuaciones	0,3350	0,1153
		Tamaño de las puntuaciones	0,5117	0,1904
Pepita	Métrico	Longitud	0,4753	0,2027
		Anchura	0,3091	0,1915
		Espesor	0,3315	0,1278
		A/L	0,4586	0,5396
		E/L	0,4315	0,6149
		E/A	0,2142	0,2426
		Peso	0,2453	0,2246
		Rendimiento	0,3344	0,2358
	Ponderado	Dobles (%)	0,3625	1,2323
		Forma	0,3191	0,1236
		Color	0,3030	0,0540
		Mucrón	0,1925	0,0122
		Rugosidad	0,3919	0,0636
		Surcos	0,1930	0,1198
		Tipo de surcos	0,1992	0,5688
		Porcentaje de surcos	0,3117	0,7497

KESTER *et al.*, 1977; SPIEGEL-ROY y KOCHBA, 1981).

Dimensiones

En el fruto las heredabilidades por varianza fueron muy superiores a las de por regresión, destacando especialmente el espesor de la cáscara y la longitud del fruto, con valores cercanos a 0,5 en el cálculo por varianza. Estos caracteres no se habían estudiado previamente, probablemente porque el aspecto comercial de la almendra viene definido más por la pepita que por la cáscara. En la pepita las diferencias entre los dos sistemas de cálculo no fueron tan elevadas, destacando igualmente la heredabilidad de la longitud de la pepita, que también presentó la mayor heredabilidad en el estudio de KESTER *et al.* (1977), aunque la heredabilidad de las dimensiones ya fue observada por GRASSELLY (1972), si bien sin cuantificar. Las mayores heredabilidades obtenidas por regresión para la pepita en relación con las del fruto pueden deberse a una mayor variabilidad de las dimensiones del fruto y a una mayor constancia de las dimensiones de la pepita.

Esta elevada heredabilidad de la longitud se traduce en una heredabilidad equivalente de las relaciones entre las dimensiones en las que interviene la longitud. Así, tanto para el fruto como para la pepita, las relaciones A/L y E/L presentan una elevada heredabilidad, mientras que la relación E/A, en la que no interviene la longitud, presenta unas heredabilidades menores. Estas relaciones no se habían estudiado previamente, a pesar de su importancia para definir comercialmente las almendras (KESTER, 1965; KESTER *et al.*, 1980).

Peso

Las heredabilidades del peso, tanto del fruto como de la pepita, fueron bajas, alrededor del 0,23 e incluso menor para la heredabilidad por regresión del peso del fruto. Estos valores son muy inferiores a los establecidos por KESTER *et al.* (1977) y posteriormente confirmados (DICENTA *et al.*, 1983; SPIEGEL-ROY y KOCHBA, 1981).

Rendimiento en pepita

Este carácter, ligado a la dureza de la cáscara, presenta heredabilidades muy bajas que discrepan de las señaladas anteriormente de 0,55-0,56 (DICENTA *et al.*, 1983; KESTER *et al.*, 1977) y 0,81 (SPIEGEL-ROY y KOCHBA, 1981). Quizás la utilización de parentales diferentes puede haber creado una desviación en el cálculo de estas heredabilidades y así destaca que la heredabilidad por varianza del rendimiento es inferior a la del espesor de la cáscara, siendo superior la heredabilidad por regresión, cuando son dos caracteres que deberían ir correlacionados.

Pepitas dobles

Los resultados son discrepantes, obteniéndose por regresión una heredabilidad superior a 1. Ello es reflejo de la complejidad de este carácter para el que se han sugerido muchas influencias externas (SOCIAS I COMPANYY, 1998). KESTER *et al.* (1977) estimaron su heredabilidad en 0,51, pero con una elevada desviación típica. También señalaron heredabilidades bajas DICENTA *et al.* (1983) y VARGAS y ROMERO (1988), pero la utilización de parentales sin pepitas dobles en la mayoría de los cruzamientos

evidentemente distorsiona el cálculo de su heredabilidad por regresión.

Forma

Tanto el fruto como la pepita presentaron heredabilidades medias o elevadas en relación con los bajos valores obtenidos en el conjunto. Estos valores están ligados a la alta heredabilidad de la relación A/L, ya que la forma se valora según el perfil transversal del fruto o de la pepita. En ambos casos las heredabilidades por varianza fueron superiores a las de por regresión. Aunque la forma del fruto es una característica varietal (GÜLCAN, 1985), previamente no se había calculado su heredabilidad, sino sólo la de las dimensiones.

Mucrón y quilla

La presencia de mucrón, tanto para el fruto como para la pepita, presenta heredabilidades muy bajas con los dos sistemas de cálculo. Un resultado similar se obtuvo con la presencia de quilla en la sutura de la cáscara.

Detalles de la cáscara

La rugosidad de la superficie de la cáscara presenta una heredabilidad por varianza muy elevada, la más alta de todas las obtenidas en este estudio, aunque no fue tan alta la obtenida por regresión.

La presencia de capas en la cáscara es un carácter muy importante en el proceso industrial del descascarado, siendo un inconveniente porque provoca un descascarado incompleto y una mayor rotura de pepitas. Su heredabilidad es media-baja y menor en el cálculo por regresión.

La presencia de puntuaciones en la superficie de la cáscara presenta también una heredabilidad media-baja, pero el tamaño de estas puntuaciones presenta una mayor heredabilidad. En ambos casos el cálculo por regresión da valores inferiores.

Para ninguno de estos caracteres existen referencias anteriores sobre su posible heredabilidad.

Detalles de la pepita

La heredabilidad por varianza del color del tegumento de la pepita resultó media, inferior, pero no muy discrepante, de la señalada por KESTER *et al.* (1977) de 0,42, quienes la consideraron altamente inconsistente por mostrar fuertes efectos ambientales y por depender en parte del estado de madurez en el momento de la cosecha y del tiempo y tipo de almacenaje.

La rugosidad de la superficie de la pepita presenta una heredabilidad media-alta, superior a la indicada por KESTER *et al.* (1977) de 0,36, probablemente porque el sistema de cultivo de estas plantas indujo una mayor rugosidad de las pepitas.

La heredabilidad de la presencia de surcos en la pepita fue muy baja con ambos cálculos, lo que contrasta con la muy elevada heredabilidad del carácter “crease” por KESTER *et al.* (1977): 0,79, definida como una depresión profunda en el lado de algunas pepitas.

El tipo de surcos, superficiales o profundos (que sería asimilable al “crease” anterior) presenta heredabilidades muy distintas, siendo bastante elevada por regresión, aunque estos resultados no son concluyentes porque dependen de la presencia o no de surcos, por lo que los cálculos debieron limitarse al reducido número de plantas que presen-

taban pepitas con este carácter y no con todas las plantas de las distintas descendencias.

Este mismo comentario puede aplicarse al porcentaje de surcos, que se refiere al porcentaje de pepitas que presentan surcos de cualquier tipo, en el caso de que haya surcos en la pepita, e igualmente se obtuvo una heredabilidad por regresión muy elevada.

Sabor

No se presenta ningún dato sobre este carácter porque todas las muestras analizadas tuvieron pepitas dulces, por lo que se deduce que de acuerdo con la heredabilidad de este carácter (HEPPNER, 1923) en cada cruzamiento al menos uno de los dos parentales era homocigótico para el carácter de pepita dulce.

Discusión

Hay que tener en cuenta que la selección de genitores con valores próximos para un determinado carácter puede producir una reducción en la varianza y, consecuentemente, en la covarianza entre las descendencias (FALCONER, 1970). En los cruzamientos estudiados, los parentales se habían seleccionado por algunos buenos caracteres del fruto, por lo que los resultados pueden estar afectados por esta reducción.

Los resultados obtenidos han mostrado que existe una correlación entre las heredabilidades calculadas para los distintos caracteres del fruto y los mismos en la pepita, lo que confirma la heredabilidad general de la forma del fruto y la pepita.

Los bajos índices de heredabilidad obtenidos, en comparación con los ya indicados

por otros autores, se deben probablemente a la gran diversidad genética entre los parentales utilizados, mayor que entre los utilizados en los otros programas que han servido para los otros cálculos de la heredabilidad, especialmente por KESTER *et al.* (1977), en los que sólo intervienen cultivares de origen californiano.

En general se han obtenido unas cifras de heredabilidad inferiores por el método de regresión, en el que intervienen los parentales, en comparación con las obtenidos por el método de varianza, en el que sólo se consideran las descendencias. Ello puede venir influido por la diversidad de las condiciones de cultivo de los parentales, en la colección de germoplasma, y de las descendencias, en los campos de plantones de mejora.

Desde el punto de vista de un programa de mejora genética se constata que la forma del fruto, en sus distintos componentes, es altamente heredable, lo cual es de gran importancia cuando actualmente el mercado se basa fundamentalmente en la forma del fruto para definir la calidad comercial.

Agradecimientos

Trabajo desarrollado en el proyecto CICYT AGF 98-0211-C03-01. Se agradece la colaboración de José M. Ansón, Mayte Espiau, Julio Búbal y José M. Alonso en la elaboración de muestras y datos.

Bibliografía

- ABDALLAH A., AHUMADA M.H. GRADZIEL T.M. 1998. Oil content and fatty acid composition of almond kernels from different genotypes and California

- production regions. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 123: 1029-1033.
- BERGER P. 1969. Aptitudes à la transformation industrielle de quelques variétés d'amandier. Bull. Techn. Inf. 241: 577-580.
- DICENTA F., GARCÍA J.E., CARBONELL E. 1983. Heritability of fruit characters in almond. J. Hortic. Sci. 68: 121-126.
- FALCONER, D.S. 1970. Introduction to quantitative genetics. Ronald Press Co., New York. 365 pp.
- GARCÍA J.E., DICENTA F., BERENGUER T., EGEA J. 1996. New self-compatible late flowering almond cultivars obtained in CEBAS-CSIC, Murcia. Nucis 5: 23-24.
- GRASSELLY C. 1972. L'amandier: caractères morphologiques et physiologiques des variétés, modalités de leurs transmissions chez les hybrides de première génération. Tesis, Univ. Bordeaux. 156 pp.
- GÜLCAN R. 1985. Almond descriptors (revised). IBPGR, Roma. 30 pp.
- KEARSEY M.J. 1965. Biometrical analysis of a random mating population: a comparison of five experimental designs. Heredity 20: 205-235.
- KESTER D.E. 1965. Size, shape and weight relationships in almond kernels. Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci. 87: 204-213.
- KESTER D.E., HANSCHKE P.E., BERES W., ASAY R.N. 1977. Variance components and heritability of nut and kernel traits in almond. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 102: 264-266.
- KESTER D.E., MICKE W.C., ROUGH D., MORRISON D., CURTIS R. 1980. Almond variety evaluation. Calif. Agric. 34 (10): 4-7.
- MATHIER K., JINKS J.L. 1971. Biometrical genetics. Chapman and Hall, London. XII + 382 pp.
- QUATRUCCI E. 1996. Nutritional quality of treenuts and how they complement other foods. Cracker 3: 14-15.
- RHS. 1966. RHS Colour chart. Royal Hortic. Soc., London.
- ROMERO A., TOUS J., PLANA J., GUARDIA M.D., DÍAZ I. 2001. How variety affects Spanish consumers' acceptance of marzipan and chocolates made with almonds. III Int. Symp. Pistachios and Almonds, Zaragoza. 20-25 Mayo 2001. Abstracts: 29.
- SOCIAS i COMPANY R. 1989. Estado actual en la creación de variedades de almendro. Frut 4: 336-339.
- SOCIAS i COMPANY R. 1998. Fruit tree genetics at a turning point: the almond example. Theor. Appl. Genet. 96: 588-601.
- SPIEGEL-ROY P., KOCHBA J. 1981. Inheritance of nut and kernels traits in almond (*Prunus amygdalus* Batsch). Euphytica 30: 167-174.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A. 1988. Comparación entre descendencias de cruzamientos intervarietales de almendro en relación con la época de floración y la calidad del fruto. Rap. EUR 11557: 59-72.

CÓMO AFECTA LA ELECCIÓN DEL CULTIVAR DE ALMENDRA A LA ACEPTACIÓN DE MAZAPANES Y CHOCOLATES POR PARTE DE LOS CONSUMIDORES

A. Romero, J. Tous, J. Plana, M.D. Guardia, A. Valero

IRTA, Centre Mas Bové, Departamento Arboricultura
Mediterránea, Apartado 415, 43280 Reus (Tarragona), España

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la aceptación de los consumidores hacia diversos productos industriales elaborados con cultivares de almendras, tanto tradicionales como nuevas obtenciones. En 1999 y 2000 se elaboraron chocolates (mezcla de almendras tostadas con chocolate negro, con leche o blanco), mazapanes y bombones (almendras tostadas y caramelizadas, recubiertas con chocolate negro), utilizando los cultivares 'Desmayo Langueta', 'Francolí', 'Marcona', 'Masbovera' y 'Nonpareil'. Las muestras se codificaron y presentaron a 650 consumidores de toda Cataluña, los cuales las evaluaron utilizando una escala estructurada de 1 (no gusta nada) a 7 (excelente).

Los resultados demuestran que cada cultivar se adapta de forma distinta a cada producto industrial, dependiendo de sus características físico-químicas. Así mismo, los consumidores prefieren diferentes cultivares para productos distintos. Los mazapanes más valorados fueron los elaborados con 'Marcona', mientras que los más penalizados fueron los de 'Nonpareil'. Los chocolates con 'Marcona' fueron peor valorados, indistintamente del tipo de chocolate, mientras que 'Masbovera' fue la que más gustó para chocolate con leche y negro. Cuando se analizaron los bombones, aquellos elaborados con 'Nonpareil' fueron los menos valorados, a la vez que mostraron el mayor número de evaluaciones claramente negativas; sin embargo, estos problemas podrían solventarse cambiando el proceso de elaboración. Estos primeros resultados confirman la gran importancia de la elección del cultivar de almendra para elaborar un producto industrial específico, bien aceptado por los consumidores.

Palabras clave: Calidad de almendra, Industria, Bombón, Preferencias de consumo, Evaluación de producto.

SUMMARY

HOW CULTIVAR CHOICE AFFECTS SPANISH CONSUMERS' ACCEPTANCE OF MARZIPAN AND CHOCOLATES MADE WITH ALMONDS

The objective of this work was to evaluate the consumers' acceptance for several industrial products made with both commercial and new almond cultivars. Chocolates (dark, brown or white chocolate blended with toasted kernels), marzipan and bonbons (toasted almonds enrobed with burnt sugar and coated with dark chocolate) were made in 1999 and 2000 with 'Desmayo Langueta', 'Francolí', 'Marcona', 'Masbovera' and 'Nonpareil'. Samples were coded and submitted to 650 consumers around Catalonia (NE of Spain), which valued them using a structured scale from 1 (do not like at all) to 7 (very good).

Results show that each cultivar is adapted in a different form to each industrial product, depending on its physical and chemical characteristics. Also, consumers prefer different cultivars for different products. Best marzipans were those made with 'Marcona' while samples including 'Nonpareil' were the most punished. Chocolates blended with 'Marcona' were less valued, not depending on the kind of chocolate, while 'Masbovera' was the most valued for dark and brown chocolates. When bonbons were tested, those made with 'Nonpareil' were less valued and they also showed the highest proportion of negative evaluations, although this problem could be solved changing the process. These first results confirm the great importance of almond cultivar choice to make a specific industrial product well accepted by consumers.

Key words: Almond quality. Industry. Bonbon. Consumers' preferences. Product evaluation.

Introducción

Existen numerosas referencias sobre las características morfológicas y químicas de los principales cultivares de almendra de España ('Marcona' y 'Desmayo Largueta'), Francia ('Ferraduel' y 'Ferragnès'), Italia ('Tuono') y EE.UU. ('Nonpareil') (BEUCHAT y WOTHINGTON, 1978; SAURA *et al.*, 1988; FOURIE y BASSON, 1990; PRATS y BERENGUER, 1994; GARCÍA *et al.*, 1996; SUBIRATS *et al.*, 1997). También existen algunas referencias sobre el comportamiento industrial de la almendra durante el tostado (TAKEI *et al.*, 1974; CVALETTO *et al.*, 1985; GOU *et al.*, 2000), la elaboración de mazapán (BOCKLET, 1980; NIEDIEK, 1982; CENZANO, 1991) o la fabricación de chocolates (SCHREIDER, 1980; LIEPE, 1992). Sin embargo, no existe información sobre la adecuación de las almendras a los diferentes procesos industriales y tampoco sobre las preferencias de los consumidores por los distintos cultivares. El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la aceptación de los consumidores hacia diferentes productos industriales elaborados con 'Marcona' y 'Desmayo Largueta', cultivares tradicionales españoles, 'Francolí' y 'Masbovera',

nuevas obtenciones del programa de mejora genética del IRTA (VARGAS y ROMERO, 1994), y 'Nonpareil' de EE.UU.

Material y métodos

Cultivares de almendra

Se utilizaron cinco cultivares de almendra. 'Desmayo Largueta', 'Francolí', 'Marcona' y 'Masbovera' fueron producidos en ensayos del IRTA-Centro Mas Bové y 'Nonpareil' fue comprado en el mercado internacional. La composición química de las almendras blanqueadas se resume en el cuadro 1.

Panel de consumidores y cuestionarios

Se utilizó el panel de consumidores del IRTA para estudiar el grado de aceptación de cada especialidad industrial, utilizando distintos cultivares de almendra. Dicho panel incluye más de 650 consumidores de toda Cataluña, de los cuales se conocen su sexo, edad, formación, lugar de residencia y

Cuadro 1. Composición química de las almendras blanqueadas de cinco variedades utilizadas en los estudios de mazapanes, chocolates y bombones (cosecha 1999)
Table 1. Chemical composition of blanched almond from five varieties used for marzipan, chocolates and bonbon studies (crop of 1999)

Cultivar	'D.Largueta'	'Francolí'	'Marcona'	'Masbovera'	'Nonpareil'
Humedad (%)	4,42	5,67	5,11	5,04	4,98
N total (%)	4,17	4,79	4,28	3,90	4,20
Grasa (%)	46,23	55,25	58,58	60,54	48,06
Azúcares totales (%)	4,53	5,43	4,27	4,51	4,93
Azúcares insolubles (%)	0,82	1,05	0,84	0,87	0,64
Azúcares solubles (%)	3,71	4,38	3,43	3,64	4,29
Cenizas (%)	3,18	3,41	2,90	2,68	2,91

tamaño de la población (cuadro 2). Las principales diferencias entre la población del panel del IRTA y la de Cataluña están relacionadas con el nivel de estudios, lo cual debe tenerse en cuenta para extrapolar los resultados de una a otra población. La distribución de productos y la recepción de los resultados se realiza a través de los distintos centros de investigación que el IRTA tiene distribuidos por toda Cataluña. Cada consumidor recibe un lote de productos que incluye un cuestionario y las instrucciones correspondientes. Cada muestra puede evaluarse utilizando una escala estructurada de

aceptación, que va de 1 (no gusta nada) hasta 7 (excelente). También es posible anotar comentarios.

Chocolates

En 1999 se elaboraron doce tipos distintos de chocolates, combinando tres clases (negro, blanco y con leche) con cuatro cultivos de almendra ('Desmayo Largueta', 'Marcona', 'Masbovera' y 'Nonpareil') previamente tostados a 180°C durante 10 minutos en un horno de convección. Las piezas se

Cuadro 2. Distribución de las poblaciones por sexo, edad, estudios y tamaño de la zona de residencia, en el panel de consumidores del IRTA y en Cataluña
Table 2. Consumer's distribution by sex, age, studies and city dimension in both IRTA's panel and Catalanian populations

	Sexo (%)		Edad (años) (%)			Formación (%)			Habitantes (%)	
	Hombres	Mujeres	< 29	30-65	> 65	Básica	Media	Superior	< 30.000	> 30.000
IRTA	50,3	49,7	25	66,8	8,2	31,5	25,8	42,8	35,8	64,2
Cataluña	48,8	51,2	36,7	45,9	17,2	75,6	19,6	4,8	43,6	56,4

Fuente: Institut d'Estadística de Catalunya. *Estadística de població 1996*. Ed. Generalitat de Catalunya, Barcelona. p. 580.

formaron en moldes de plástico de sección trapezoidal, mezclando 7 g de almendras enteras con 7 g de chocolate, y se envolvieron en papel de aluminio con un código de cuatro cifras. Se distribuyeron lotes de 12 chocolates a 598 consumidores. También se evaluó la aptitud tecnológica de cada cultivar de almendra a cada proceso industrial (generación de medias y trozos después del tostado, así como facilidad de moldeo).

Mazapán

En 1999 se elaboraron mazapanes, utilizando maquinaria convencional, con 'Desmayo Largueta', 'Marcona' y 'Nonpareil'. En una amasadora se mezclaron (1:1 en peso) almendras blanqueadas y molidas (50 kg de cada cultivar) con azúcar fundido (110°C). La masa resultante se introdujo en moldes (7 kg), se mantuvo una noche a temperatura ambiente, y se cortó en piezas (150 g por unidad); finalmente, se envolvieron en papel de aluminio y se codificaron con números de cinco cifras. Se distribuyeron 624 lotes de tres mazapanes (uno de cada cultivar de almendra).

La aptitud tecnológica de cada cultivar se evaluó estudiando su facilidad de molturación, el manejo de la masa cruda y su aspecto, la facilidad de moldeado y de limpieza y el aspecto final del mazapán. Se realizó un estudio de textura utilizando un equipo TA-XT2 Texture Analyser (Stable MicroSystems), analizándose cuatro mazapanes por cada cultivar y realizando tres punciones por pieza, con una sonda cilíndrica de 6 mm de diámetro (10,0 mm de penetración máxima a una velocidad de 5,0 mm·s⁻¹). Los parámetros de textura estudiados fueron el área total del perfil, la dureza máxima y el módulo (dureza media durante los primeros 0,250 segundos de penetración).

Bombones

En el año 2000 se elaboraron bombones utilizando almendras enteras tostadas de cinco cultivares ('Desmayo Largueta', 'Francolí', 'Marcona', 'Masbovera' y 'Nonpareil'), caramelizadas (enrobado) y recubiertas con chocolate negro. Cada bombón se envolvió en papel de aluminio codificado con cinco cifras. Se distribuyeron 625 lotes de cinco bombones. La composición química de las almendras blanqueadas se resume en el cuadro 1 (los datos no difirieron significativamente de los hallados en 1999). La aptitud tecnológica de cada cultivar (generación de medias y trozos, facilidad de enrobado y aspecto final) se analizó tras tostarlos a 180°C durante 10 minutos y después del enrobado con azúcar fundido.

Análisis estadístico

Los valores medios de aceptación se evaluaron mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y el test de Duncan. El estadístico Chi-cuadrado de Pearson se utilizó en el análisis de distribución, para las respuestas positivas (aceptación superior a 4), negativas (inferior a 4) o indiferentes (igual a 4). Los análisis se realizaron sobre las respuestas aportadas por el panel de consumidores y, luego, fueron extrapolados a la población catalana, balanceando los datos a partir del nivel de estudios, que es la principal diferencia respecto al panel de consumidores del IRTA (cuadro 2).

Resultados

Chocolates

Se recibieron sólo 209 respuestas para cada tipo de chocolate (35% del total distri-

buido), quizás debido a que doce muestras supusieron un cierto efecto de saturación.

Respecto del *chocolate blanco*, el ANOVA no muestra ninguna diferencia significativa entre el nivel de aceptación media de los chocolates elaborados con los diferentes cultivares de almendra, aunque el Chi-cuadrado de Pearson muestra una asociación general entre cultivar y aceptación (cuadro 3). Desde este punto de vista, los chocolates elaborados con 'Nonpareil', 'Desmayo Largueta' y 'Masbovera' fueron valorados positivamente por más del 60% de los consumidores, mientras que los confeccionados con 'Marcona' gustaron a un 57% y resultaron desagradables para más del 18%. En cualquier caso, cuando los datos fueron balanceados respecto del nivel de estudios de los consumidores, no se encontró ninguna diferencia significativa, aunque 'Marcona' podría ser preferida por

más del 75% de los catalanes. Las respuestas positivas están relacionadas con la almendra (22% de los consumidores que valoraron positivamente el producto) y con el chocolate (13%). La principal razón aducida en las valoraciones negativas fue que el chocolate blanco no gusta (26%).

Respecto del *chocolate con leche*, se observan diferencias significativas en la aceptación media relacionadas con el cultivar de almendra (cuadro 3). En efecto, la aceptación media para 'Marcona' fue de 4,9 y sólo gustó a un 67% de consumidores, mientras que los otros cultivares promediaron un 5,2 de aceptación y gustaron a más del 78% de consumidores. Estos resultados pueden extrapolarse a la población catalana ($\alpha = 0,009$), aunque el estimador Chi-cuadrado de Pearson no es significativo, puede que debido al bajo número de respuestas. Las principales razones aportadas por el

Cuadro 3. Valores medios de aceptación por parte de los consumidores y % de valoraciones positivas (entre paréntesis) para chocolates, mazapanes y bombones, elaborados con distintos cultivares de almendra

Table 3. Mean values of consumers' acceptance and % of pleasant evaluations (in brackets) for chocolates, marzipans and bonbons, made with different almond cultivars

Producto industrial	Estadístico	'D. Largueta'	'Francolí'	'Marcona'	'Masbovera'	'Nonpareil'
Chocolate blanco	F = 2,1 ^{NS} X ² = 19,3*	4,9 a (66%)	—	4,7 a (57%)	4,9 a (61%)	4,8 a (68%)
Chocolate con leche	F = 4,0* X ² = 14,4*	5,2 a (80%)	—	4,9 b (67%)	5,3 a (79%)	5,3 a (78%)
Chocolate negro	F = 8,2** X ² = 27,0**	5,2 b (74%)	—	4,9 c (65%)	5,5 a (81%)	5,1 bc (72%)
Mazapán	F = 32,6** X ² = 53,0**	5,1 a (70%)	—	5,2 a (77%)	—	4,4 b (50%)
Bombón	F = 11,0** X ² = 41,9**	5,4 a (81%)	5,4 a (82%)	5,4 a (81%)	5,3 a (78%)	4,9 b (67%)

Por filas, valores medios seguidos por la misma letra no son significativamente distintos según el test de Duncan con $p < 0,05$, (valor F para aceptación media; X² de Pearson para distribuciones; NS = no significativo; (*) $p < 0,05$; (**) $p < 0,001$).

grupo de consumidores a quienes no gustó el chocolate elaborado con 'Marcona', están relacionadas con características de la almendra (72%); parece que este cultivar es demasiado higroscópico, es el de mayor relación superficie a volumen de los ensayados y se enrancia más fácilmente en combinación con el chocolate con leche. Por otra parte, las principales razones argumentadas por los consumidores a quienes gustaron los chocolates elaborados con 'Desmayo Largueta', 'Masbovera' o 'Nonpareil', están relacionadas con la almendra (15-17%), el chocolate con leche (16-21%) o su combinación (8-11%).

Respecto del *chocolate negro*, se observan importantes diferencias significativas entre aceptación media para los distintos cultivares (cuadro 3). El más valorado fue 'Masbovera', 5,5 de aceptación media y que gustó al 81% de consumidores, siendo rechazado por sólo un 3,4% de personas. 'Desmayo Largueta' y 'Nonpareil' gustaron a más del 71% de consumidores, con un 5,2 de aceptación media. Finalmente, 'Marcona' sólo gustó al 65% de consumidores y no gustó a más del 18%. Estos resultados son los mismos cuando se extrapolan al total de la población catalana ($\alpha = 0,00004$ para el ANOVA). Las principales razones para las valoraciones negativas están relacionadas con el sabor de la almendra (59%, fundamentalmente el rancio, 21%) y el sabor amargo del chocolate negro (15%). Por otra parte, los motivos para las valoraciones positivas se relacionan con el chocolate negro (23 a 27%, según el cultivar de almendra), la almendra como ingrediente (9 a 20%) y su combinación (5 a 8%). También se observaron diferencias significativas ($\alpha = 0,0004$) en la aceptación media observada en mujeres (5,4 de aceptación) y hombres (5,1). La principal razón para dicha diferencia está relacionada con la aceptación del

chocolate negro (razón mencionada por el 27% de mujeres y el 16% de hombres).

Respecto de la aptitud tecnológica de las almendras, para cualquier tipo de chocolate, 'Desmayo Largueta' y 'Marcona' produjeron sólo un 10% de medias y trozos después del tostado mientras que 'Nonpareil' produjo un 23% y 'Masbovera' un 30%. La facilidad de moldeo fue normal en todos los cultivares, excepto en 'Masbovera', que fue considerado como difícil.

Mazapán

Trescientos consumidores contestaron a esta encuesta (48%). Los mazapanes elaborados con almendras 'Nonpareil' fueron significativamente menos aceptados que los confeccionados con 'Desmayo Largueta' o 'Marcona'. El cuadro 3 muestra los valores medios de aceptación, que oscilaron entre 4,4 para el cultivar californiano y 5,2 para los españoles. Los mazapanes de 'Nonpareil' sólo gustaron al 50% de consumidores y no gustaron a un 23%, mientras que los confeccionados con cultivares españoles gustaron a más del 70% y no gustaron a menos del 15% de consumidores. Cuando estos valores se extrapolan al total de la población catalana, los resultados siguen siendo significativos tanto en el ANOVA ($\alpha = 0,0001$) como para el test Chi-cuadrado de Pearson ($\alpha < 0,06$), posiblemente debido al elevado número de respuestas. Las principales razones dadas cuando no gustó 'Nonpareil' son el escaso sabor de las almendras (29% de respuestas negativas) y la dureza del mazapán (51%). Las valoraciones positivas se relacionan con el sabor de la almendra (32 a 38%), la textura blanda del mazapán (14 a 21%) y la correcta relación azúcar-almendra (14 a 21%). En el caso de los mazapanes de 'Desmayo Largueta',

puede remarcarse que no gustaron a un 14,8% de consumidores y que ello está relacionado con el sabor amargo encontrado (38% de los motivos aportados por los consumidores a quienes no gustó). Debe también destacarse la elevada correlación inversa observada entre el contenido total de azúcares de las almendras crudas y la aceptación media de los mazapanes ($r = -0,996$), o entre el contenido en grasa y la proporción de consumidores que valoraron negativamente el mazapán ($r = -0,719$). La dureza instrumental de los mazapanes fue significativamente distinta para cada cultivar (cuadro 4) y muestra una elevada correlación inversa con la aceptación media ($r = -0,9998$), aunque el análisis sólo incluye tres puntos.

El comportamiento tecnológico de cada cultivar fue también muy diferente. 'Marcona' fue el mejor para triturar y amasar y mostró el mejor aspecto final del mazapán. 'Desmayo Largueta' mostró un buen comportamiento para dichos procesos y fue el más fácil de moldear y limpiar, mientras que 'Nonpareil' fue el de peor manejo, moldeado y limpieza.

Bombones

Más del 52% de consumidores respondieron a esta encuesta (325). El análisis estadís-

tico muestra que los bombones confeccionados con 'Nonpareil' fueron menos valorados que los demás (cuadro 3). En efecto, estos bombones obtuvieron una aceptación media de 4,9 y gustaron a menos del 67% de consumidores (16,3% los valoraron negativamente), mientras que la aceptación media de los bombones de 'Desmayo Largueta', 'Francolí', 'Marcona' y 'Masbovera' fue de 5,4 y gustaron a más del 80% (no gustaron a menos de un 7,5%). Los resultados son los mismos cuando se extrapolan a la población catalana ($\alpha = 0,0001$), aunque el test Chi-cuadrado de Pearson no es significativo ($\alpha = 0,87$). La principal razón aportada por los consumidores a quienes no gustaron los bombones de 'Nonpareil' fue el sabor de la almendra (44%), mientras que los aspectos más valorados en el resto de bombones fueron el aroma del chocolate negro (25%) y el sabor de las almendras (19 a 29%).

Desde el punto de vista de la aptitud industrial, 'Francolí' fue el cultivar mejor adaptado al tostado y enrobado, mientras que 'Nonpareil' fue el peor, con más del 40% de roturas después del tostado y más del 30% tras el enrobado. Por otra parte, el tostado de 'Nonpareil' fue más difícil debido a su mayor diámetro y menor relación superficie-volumen, reteniendo mayor humedad en el interior del grano. Su mayor actividad de agua podría ser el factor responsable de la

Cuadro 4. Análisis instrumental de textura en mazapanes elaborados con diferentes cultivares de almendra

Table 4. *Instrumental texture analysis of marzipan made with different cultivars*

Parámetro	Valor F	α	'Marcona'	'D. Largueta'	'Nonpareil'
Área total	380	0,0001	1,9 c	2,3 b	3,7 a
Dureza (kg)	325	0,0001	1,1 c	1,3 b	2,1 a
Módulo (kg·s ⁻¹)	190	0,0001	3,2 c	3,7 b	5,7 a

Dentro de cada fila, medias con la misma letra no son significativamente distintas según el test de Duncan.

irregular cobertura de azúcar obtenida así como de su menor aceptación final.

Discusión

Se han constatado diferencias significativas entre cultivares de almendra respecto de su aptitud industrial para cada proceso y relativas a su aceptación por parte de los consumidores. Las características sensoriales de las almendras procesadas parecen ser, en parte, responsables de dichas diferencias de aceptación. Sin embargo deben considerarse, también, otras propiedades, en función del producto específico en cuestión, tal y como propone CUNNINGHAM (1999).

En el caso de los mazapanes, la textura final es muy importante y podría estar relacionada con interacciones entre el azúcar fundido y las características de la almendra, como su actividad de agua, contenidos en grasa y azúcares, y con la relación superficie-volumen de los fragmentos de almendra molida. El amargor del fruto seco también es importante para este producto, que se caracteriza por utilizar almendras muy poco procesadas. Los resultados muestran que 'Marcona' es un muy buen cultivar para mazapanes, bien adaptado al proceso industrial y más valorado por los consumidores, mientras que 'Nonpareil' es más difícil de procesar y parece estar menos valorado.

Cuando se combinan almendras y chocolate, parece ser que cuanto más grasa contiene el chocolate (blanco y con leche) mayor es la importancia que los consumidores dan al sabor de la almendra, quizás debido a la gran cantidad de compuestos aromáticos presentes en la masa de cacao (SCHNERMANN y SCHIEBERLE, 1997) y que en el chocolate negro podrían ser mucho más intensos que

los aromas propios de la almendra. También parecen muy importantes las interacciones que tienen lugar entre chocolate y almendra, siendo óptimas en 'Masbovera' y peores en 'Marcona'. No se ha observado ninguna relación entre la composición química de la almendra y su aceptación, lo que significa que es el análisis sensorial el que debería aplicarse en la valoración de los cultivares de almendra para este destino industrial. Por otra parte, las interacciones químicas con el chocolate son muy importantes, principalmente las migraciones de agua y grasa, de acuerdo con lo observado por COUZENS y WILLE (1997) o GROVES (1999). Finalmente, la forma de la almendra está relacionada con la facilidad de fijar una cobertura de chocolate u otras sustancias. Las diferencias de aceptación observadas entre cultivares de almendra recubiertas con chocolate negro, parecen desaparecer cuando se realiza un enrobado de la almendra con azúcar fundido. En efecto, sólo los bombones de 'Nonpareil' fueron significativamente menos valorados que el resto, lo cual podría explicarse por su peor comportamiento durante el tostado y el caramelizado.

Estos estudios deberían mostrar nuevos criterios para analizar la calidad de las almendras y su adaptación a los diferentes procesos industriales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), proyecto número SC 99-002. Los chocolates y bombones fueron confeccionados en "L'Art de la Xocolata" (El Vendrell, Tarragona) y los mazapanes en "Torrons i Mel Alemany" (Os de Balaguer, Lleida).

Bibliografía

- BEUCHAT L.R., WORTHINGTON R.E. 1978. Fatty acid composition of tree nut oils. *J. Food Technol.* 13: 355-358.
- BOCKLET G. 1980. Nougat and marzipan raw masses. Characterization and technology. *Suesswarentechnik* 24 (10): 18-29.
- CAVALETTO C.G., KADER A.A., KESTER D.E. 1985. Quality in relation to marketability of almond varieties. University of California, Department of Pomology, 45 p.
- CENZANO I. 1991. Analysis and quality control of confectionery, cakes, pastry products, 'turrón', marzipan and ice cream. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 10(1): 227-232.
- COUZENS P.J., WILLE H.J. 1997. Fat migration in composite confectionery products. *Manufacture Confectioner* 77(2): 45-47.
- CUNNINGHAM S. 1999. Confectionery pastes from almonds. *Manufacturing Confectioner* 79(8): 66-74.
- FOURIE P.C., BASSON D.S. 1990. Sugar content of almond, pecan, and macadamia nuts. *J. Agric. Food Chem.* 38: 101-104.
- GARCÍA C., GRANÉ N., BERENGUER V. 1996. Chemometric characterization of almond cultivars on the basis of their fatty-acid profiles. *An. Chem. Actas*: 1-25.
- GOU P., DÍAZ I., GUERRERO L., VALERO A., ARNAU J., ROMERO A. 2000. Physico-chemical and sensory property changes in almonds of Desmayo Langueta variety during toasting. *Food Sci. Technol. Int.* 6(1): 1-7.
- GROVES R. 1999. Fat migration through chocolate. *Candy Industry* 164(3): 28.
- LIEPE M. 1992. Taste variations for chocolate bars-filling mass, fruits, nuts. *Zucker Suesswarenwirtschaft* 45(7/8): 264-267.
- NIEDIEK E.A. 1982. Consistency of marzipan and persipan masses. Studies on effects of processing variables during manufacture. *Zucker Suesswarenwirtschaft* 35(4): 109-116; 35(5): 165-168; 35(6): 185-189.
- PRATS S., BERENGUER V. 1994. Caracterización de algunas variedades de almendra por su composición en aminoácidos libres. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 34 (2): 218-227.
- SAURA F., CAÑELLAS J., SOLER L. 1988. La almendra. Composición, variedades, desarrollo y maduración. Ed. INIA-MAPA, Madrid. 173 p.
- SCHREIDER P. 1980. Almond split chocolates. *Gordian* 80(1/2): 6.
- SUBIRATS S., MAÍEOS M., CAÑELLAS J.A. 1997. Características físico-químicas y tecnológicas de la almendra de la Comunidad Valenciana. Vol I y II. AINIA, Valencia. 285 p.
- TAKEI Y., SHIMADA K., WATANABE S., YAMANISHI T. 1974. Volatile components of roasted almonds: basic fraction. *Agr. Biol. Chem.* 38 (3): 645-648.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A. 1994. 'Masbovera', 'Glorieta' and 'Francolí', three new almond varieties from IRTA. *Acta Hort.* 373: 75-82.

'GARNEM', 'MONEGRO' Y 'FELINEM': NUEVOS PATRONES HÍBRIDOS ALMENDRO X MELOCOTONERO RESISTENTES A NEMATODOS Y DE HOJA ROJA PARA FRUTALES DE HUESO

**J. Gómez Aparisi, M. Carrera, A.J. Felipe,
R. Socías i Company**

Unidad de Fruticultura, SIA – DGA, Montañana, 930.
Apartado 727, 50080 Zaragoza, España
e-mail: jgomeza@aragob.es

RESUMEN

Se describen tres nuevos patrones híbridos almendro por melocotonero del programa de mejora genética de patrones del SIA de la DGA caracterizados por ser resistentes a nematodos agalladores, y por su buen comportamiento en condiciones de clorosis y sequía, que los hace especialmente indicados para las condiciones de cultivo mediterráneas. Al mismo tiempo su carácter de hoja roja, fácil propagación vegetativa y ausencia de anticipados los hace muy recomendables para su manejo en vivero. Los patrones han sido ampliamente experimentados en situaciones muy diversas mostrando su buen comportamiento especialmente en situaciones de replantación y en suelos con problemas de nematodos.

Palabras clave: Patrones, Híbridos almendro x melocotonero, *Prunus*, Resistencia, Nematodos.

SUMMARY

'GARNEM', 'MONEGRO' AND 'FELINEM': NEW ALMOND X PEACH HYBRID ROOTSTOCKS, NEMATODE RESISTANT AND RED LEAVED FOR STONE FRUITS

Three new almond x peach hybrid rootstocks coming from the rootstock breeding programme of the SIA – DGA are described. They are characterized by their resistance to root-knot nematodes (RKN) and their good performance in calcareous soils and drought, thus especially adapted to the Mediterranean growing conditions. All of them have red leaves, are easily propagated vegetatively and have no feathers, very good traits for nursery management. These rootstocks have been extensively tested in very diverse agricultural conditions showing a very good behaviour, mainly in replant conditions and with nematode problems.

Key words: Rootstocks, Almond x peach hybrids, *Prunus*, Resistance, Nematodes.

Introducción

España es uno de los principales países europeos productores de frutas de hueso: melocotón (incluida nectarina), albaricoque, ciruela y almendra. Sin embargo, las regiones que disponen de un clima favorable para estos frutales son en su gran mayoría, zonas con suelos pesados y calizos (GÓMEZ APARISI, 1991), poco adecuados para el buen comportamiento de los patrones francos de semilla, que son los más frecuentemente utilizados en otros países productores de esos mismos frutos. La expansión de las zonas de cultivo, especialmente en zonas con climas favorables, provocan la ocupación de suelos de mala calidad que en condiciones normales no se utilizarían para el cultivo frutal (GÓMEZ APARISI, 1993). Esta expansión ha sido posible gracias a la existencia de una amplia gama de patrones con influencias variables tanto en la adaptación como en la producción frutal (CARRERA y GÓMEZ APARISI, 1998; FELIPE, 2000). Finalmente hay que considerar los problemas que se plantean en los casos de replantación de huertos frutales, cuando se quiere seguir cultivando la misma especie (GARCÍA DE OTAZO, 1992; GÓMEZ APARISI *et al.*, 2000).

Por otra parte el género *Prunus* es muy sensible a los nematodos (KESTER y GRASEL, 1987; LAMBERTI, 1979; PINOCHET *et al.*, 1990) particularmente del género *Meloidogyne* (ROM y CARLSON, 1987; NYCZEPIR y HALBRENDT, 1993) y en concreto las especies melocotonero y almendro son las más común y severamente dañadas (BERNHARD *et al.*, 1985; SALESES *et al.*, 1992). Además de las grandes pérdidas económicas y problemas agronómicos que originan estos parásitos (KOCHBA y SPIEGEL-ROY, 1976; PINOCHET *et al.*, 1989; SCOTTO LA MASSÈSE *et al.*, 1984) pueden convertir a las plantas de vivero sensibles, en un medio muy

común de diseminación de estas plagas tan polífagas, debido a la intensidad de los actuales intercambios nacionales e internacionales de material vegetal.

Los nematodos se controlan mediante tratamientos químicos del suelo con productos químicos de alta toxicidad, utilizados sistemáticamente en viveros, plantaciones intensivas y replantación de huertos si bien la legislación cada vez más severa restringirá en un futuro próximo total o parcialmente el uso de estos productos.

Las características limitantes de suelo y los patógenos, afectan severamente la producción de los *Prunus* en una amplia zona de la región Mediterránea. El uso de los patrones adecuados puede constituir la base para la adaptación de los árboles a algunos de esos problemas dada la gran potencialidad que ofrece la mejora genética en este campo (SALESSES *et al.*, 1994). La utilización de patrones resistentes a nematodos y bien adaptados a las condiciones de cultivo, constituye una alternativa efectiva tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

Origen de los nuevos patrones

Un objetivo del programa de mejora de patrones *Prunus* del SIA de la DGA de Zaragoza desde su inicio (FELIPE *et al.*, 1995b, 1997) es el desarrollo de nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero, mejor adaptados que los patrones actualmente existentes a las diferentes condiciones adversas de suelo y a algunos patógenos. La resistencia a nematodos (PINOCHET *et al.*, 1996), y a clorosis férrica (SAID *et al.*, 1993), la fácil propagación, un buen comportamiento tanto en vivero como en campo, y la hoja roja como elemento dife-

rencial respecto a la variedad, han sido los principales objetivos considerados (FELIPE, 2000; FELIPE *et al.*, 1997).

Los tres patrones son obtenciones del programa de mejora genética de patrones de *Prunus* de la Unidad de Fruticultura del Servicio de Investigación Agroalimentaria de la Diputación General de Aragón (FELIPE *et al.*, 1997; GÓMEZ APARISI *et al.*, 1999).

Se partió de las descendencias de los cruzamientos realizados entre el almendro 'Garfi' (FELIPE *et al.*, 1995a) y el melocotonero 'Nemared' que presenta un espectro de resistencia casi completo a los *Meloidogyne* spp. (ESMENJAUD *et al.*, 1997), buscando resistencia a nematodos, adaptación a las condiciones de cultivo del área mediterránea, buen comportamiento en vivero y hoja roja.

Todos los clones han mostrado buena resistencia a varias especies de nematodos del género *Meloidogyne* (*M. arenaria*, *M. javanica*, *M. incognita*, *M. hispanica*, *M. hapla*) (ESMENJAUD *et al.*, 1994, 1997; FERNÁNDEZ *et al.*, 1994; MARULL *et al.*, 1994; PINOCHET *et al.*, 1989, 1990, 1996, 1999). De este programa recientemente se han enviado a registro europeo tres selecciones: 'Monegro', 'Garnem' y 'Felinem' (GÓMEZ APARISI *et al.*, 1999) que cumplen las condiciones exigidas. 'Felinem' muestra además una moderada resistencia al nematodo lesionador *Pratylenchus vulnus* (PINOCHET *et al.*, 2000).

Los tres patrones son vigorosos, presentan pocos anticipados, la flor es rosácea grande, las hojas son grandes de color granate en hojas jóvenes y verde oscuro en hojas adultas, con dos o más nectarios circulares en el peciolo, el fruto es de tipo almendro, la adherencia del hueso es débil, la semilla es de forma elíptica y tiene un sabor ligeramente amargo (SERRANO, 2001).

Morfológicamente son difícilmente diferenciables, salvo por algunos caracteres muy concretos como puede ser la forma y el tamaño del hueso y la profundidad de la carena, por lo que recientemente se han realizado trabajos que permiten la diferenciación entre estos tres clones y el resto de la serie GxN utilizando microsatélites (SERRANO, 2001; SERRANO *et al.*, en prensa).

Se podrían resumir sus características agronómicas:

'Monegro': Muy buena propagación vegetativa, tallo erecto, pocos anticipados, buena resistencia a nematodos agalladores, clorosis férrica y sequía, buen vigor y hoja roja.

'Garnem': Muy buena propagación vegetativa, tallo erecto, pocos anticipados, buena resistencia a nematodos agalladores, clorosis férrica, buen vigor y hoja roja.

'Felinem': Muy buena propagación vegetativa, tallo erecto, pocos anticipados, buena resistencia a clorosis férrica y a nematodos agalladores, con moderada resistencia a *P. vulnus*, muy buen vigor y hoja roja.

Propagación

La propagación por estaquillado leñoso de los tres clones durante el período de reposo vegetativo, es muy satisfactoria con altos niveles de prendimiento. Se aplica la técnica puesta a punto en la Unidad de Fruticultura, como se describe a continuación:

1. Recogida de material de la parcela de plantas madres desde mediados de octubre y tratamiento del mismo con un fungicida de amplio espectro previo a la preparación de las estaquillas.

2. Preparación de estaquillas de unos 25 cm de longitud y grosor medio de 0.75 - 1 cm.

3. Tratamiento de las bases de las estaquillas con ácido indol butírico (AIB) a 2.500 ppm (2,5 g/l) ya sea en solución hidroalcohólica o en solución acuosa de la sal potásica, durante 10 segundos y dejando secar brevemente.

4. Introducción de las estaquillas ya tratadas, en bolsas de plástico cerradas tras eliminar al máximo el aire del interior.

5. Mantenimiento del material durante 8-10 días en un local con una temperatura ambiente próxima a 20 °C.

6. Plantación de las estaquillas en terreno bien mullido preparado al efecto con antelación y cubierto con un plástico negro. Es aconsejable practicar previamente orificios en el suelo para introducir las estaquillas sin afectar los tejidos de la base.

7. Riego inmediato para asentar el terreno en torno a las estaquillas. No regar el resto del invierno si el suelo se mantiene con buena humedad.

Con este procedimiento los enraizamientos de los clones realizados entre 1990 y 1995 (cuadro 1) oscilan entre el 56 y el 67%, lo que se considera adecuado para su propagación comercial (FELIPE *et al.*, 1997).

Así mismo, se han obtenido muy buenos resultados en propagación in vitro.

Comportamiento

El comportamiento de los tres patrones se corresponde al generalmente atribuido a los patrones híbridos de almendro x melocotonero.

Son patrones que inducen un buen vigor en las variedades injertadas sobre ellos, siempre similar o superior a 'GF 677' en condiciones de regadío, mientras que en condiciones de secano, injertados de almendro, el vigor es superior a 'GF 677' (GÓMEZ APARISI *et al.*, 2000).

Las primeras informaciones disponibles indican que mientras que en condiciones normales de cultivo en regadío el vigor inducido por estos patrones es similar o superior al 'GF 677', en situación de replantación muestran todos mayor vigor en los primeros años de la plantación que 'GF 677' (GÓMEZ APARISI *et al.*, 2000).

El comportamiento de estos patrones en comparación con otros híbridos comerciales (IGLESIAS *et al.*, 2000) en suelos invadidos de nematodos ha sido superior en cuanto a vigor y el nivel de supervivencia excelente en relación al 'GF 677'.

Cuadro 1. Aptitud a la propagación (% de enraizamiento) por estaquilla leñosa.

Valores medios 1990-1995

Table 1. Propagation ability (% of rooting) by hardwood cuttings.
1990-1995 average values

GF 677	67
Monegro	58
Garnem	56
Felinem	67

La compatibilidad ha sido buena con todas las variedades de almendro, melocotonero y nectarina que se han ensayado. Los resultados con variedades de albaricoque han mostrado clara incompatibilidad (ERREA, com. personal) y actualmente existen en experimentación árboles adultos de ciruelo japonés que muestran un buen comportamiento.

El uso de estos patrones que evitan la multiplicación de nematodos (ESMENJAUD *et al.*, 2000; REIGHARD, 2000), al evitar la diseminación de éstos constituye un método de cultivo efectivo, rentable y ecológico. Además constituye una buena alternativa a los tratamientos químicos de suelo cuando existen estos parásitos tanto en viveros como en plantaciones de *Prunus* en las condiciones Mediterráneas.

Situación actual

Se dispone de información procedente de la experimentación realizada a nivel nacional por el SIA y otros organismos de investigación y transferencia de tecnología nacionales y extranjeros, cooperativas y explotaciones privadas que evidencian el buen comportamiento de estos patrones frente a otros patrones híbridos comerciales, tanto a nivel de vivero como de plantación (SAID *et al.*, 1993; IGLESIAS *et al.*, 2000; GONZÁLEZ BERBEGAL, 2001).

Los patrones están en proceso de inscripción en el Registro Europeo.

Recientemente se han firmado convenios de experimentación y explotación comercial de estos patrones entre la DGA y viveristas españoles y de otros países de la Comunidad Europea por lo que en breve la información disponible aún será más abundante y su disponibilidad para los fruticultores total.

Agradecimientos

El proceso de mejora, selección y los trabajos relacionados con el comportamiento agronómico han sido financiados al amparo de sucesivos proyectos del programa FAIR, y del programa Nacional de Fruticultura del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, co-obtentor, junto con la DGA, de los clones descritos.

Estos trabajos se han realizado gracias a la financiación del INIA (Proyectos SC-95-030-C2 y SC-99-035).

Agradecemos la participación y toma de datos por parte de M.C. Altarriba, O. Frontera y S. Ruber; así como la colaboración en campo de J. Castillo y J. Sánchez Mesones.

Bibliografía

- BERNHARD R., BOUQUET A., SCOTTO LA MASSENE C., 1985. Diversité des problèmes nématologiques en vergers, solutions chimiques et génétiques. En: Création de variétés résistantes aux nématodes des cultures: intérêt, possibilités et limites. C. R. Acad. Agric. Fr. 71: 705-718.
- CARRERA M., GÓMEZ APARISI J., 1998. Rootstock influence on the performance of the peach variety 'Catherine'. Acta Hort. 465 (2): 573-577.
- ESMENJAUD D., MINOT J.C., VOISIN R., PINOCHET J., SALESES G., 1994. Inter and intraspecific variability in plum, peach and peach-almond rootstocks using 22 root-knot nematode populations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 94-100.
- ESMENJAUD D., MINOT J.C., VOISIN R., PINOCHET J., SIMARD M.H., SALESES G., 1997. Differential response to root-knot nematodes in *Prunus* species and correlative genetic implications. J. Nematol. 29: 370-380.
- FELIPE A.J., 2000. El almendro. I. El material vegetal. Integrum, Lérida. 461 pp.

- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCÍAS I COMPANYY R., 1995a. 'Garfi': una nueva variedad de almendro (*P. amygdalus* Batsch) seleccionada por su aptitud al enraizamiento. VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona, p. 102.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCÍAS I COMPANYY R., 1995b. Obtención y selección de nuevos híbridos almendro x melocotonero. VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona, p. 103.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., SOCÍAS I COMPANYY R., CARRERA M., 1997. The almond x peach hybrid rootstocks breeding program at Zaragoza (Spain). *Acta Hort.* 451 (1): 259-262.
- FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., VARGAS F.J., ROMERO M.A., MONASTRA F., CABONI E., SIMEONE A.M., TSAKIDIS A., 1997. Obtention et sélection de porte-greffe pour amandier multipliés par voie végétative. *Options Méditerran.* Sér. B 16: 73-92.
- FERNÁNDEZ C., PINOCHET J., ESMENIAUD D., SALLESSES G., FELIPE A.J., 1994. Resistance among new *Prunus* rootstocks and selections to root-knot nematodes from Spain and France. *HortScience* 29: 1064-1067.
- GARCÍA DE OTAZO L., 1992. La problemática de la replantación de frutales en las comarcas frutícolas de Lleida. *Frutic. Prof.* 44: 5-20.
- GÓMEZ APARISI J., 1991. Patrones de almendro: comportamiento frente a factores ambientales adversos. *I.T.E.A.* 87V (3): 129-136.
- GÓMEZ APARISI J., 1993. Nutrición del melocotonero. *HortoFruticultura* 2: 63-68.
- GÓMEZ APARISI J., FELIPE A.J., CARRERA M., SOCÍAS I COMPANYY R., 1999. Nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero resistentes a nematodos. Congr. SECH Murcia.
- GÓMEZ APARISI J., FELIPE A.J., CARRERA M., SOCÍAS I COMPANYY R., 2000. Comportamiento en replantación de nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero resistentes a nematodos. *ITEA Extra 21/ Actas Hort.* 29: 31-36.
- GONZÁLEZ BERBEGAL S., 2001. Comportamiento de patrones de *Prunus* en vías de selección en condiciones de campo. Trabajo fin de carrera EUPLA H.203.15. 162 pp.
- IGLESIAS I., DALMAU R., MONTSERRAT R., CARBÓ J., BONANY J., GUANTER G., 2000. Comportamiento agronómico de 23 patrones de melocotonero con la variedad 'Elegant Lady (Meridame)' en Lleida y Girona. *ITEA Extra 21/ Actas Hort.* 29: 21-29.
- KESTER D.E., GRASSLELY C., 1987. Almond rootstocks. En: R.C. Rom y R.F. Carlson (eds.) *Rootstocks for fruit crops*. J. Wiley. N.Y., pp. 265-293.
- KOCHBA J., SPIEGEL-ROY P., 1976. 'Alnem 1', 'Alnem 88', 'Alnem 201' almonds: nematode resistant rootstock seed source. *HortScience* 11: 270.
- LAMBERTI F., 1979. Economic importance of *Meloidogyne* spp. in subtropical and Mediterranean climates. En: F. Lamberti y C.E. Taylor (eds.) *Root knot nematodes (Meloidogyne spp.): Systematics, biology and control*. Acad. Press. N.Y., pp. 342-357.
- MARULL J., PINOCHET J., FELIPE A.J., CENIS J.L., 1994. Resistance verification in *Prunus* selections to a mixture of 13 *Meloidogyne* isolates and resistance mechanisms of a peach almond hybrid to *M. javanica*. *Fund. Appl. Nematol.* 17: 85-92.
- NYCZEPIR A.P., HALBRENDT J.M., 1993. Nematode pests of deciduous fruit and nut trees. En: K. Evans, D.L. Trudgill y J.M. Webster (eds.). *Plant parasitic nematodes in temperate Agriculture*. Oxon (UK): CAB International, pp. 381-425.
- PINOCHET J., VERDEJO S., MARULL J., 1989. Evaluación de siete patrones de *Prunus* a tres especies de *Meloidogyne* en España. *Nematropica* 19: 125-134.
- PINOCHET J., MARULL J., VERDEJO S., SOLER A., 1990. La selección de patrones de almendro, melocotonero e híbridos de melocotonero x almendro frente a nematodos agalladores. *Meloidogyne* spp. *Frutic. Prof.* 29: 22-27.
- PINOCHET J., ANGLÉS M., DALMAU E., FERNÁNDEZ C., FELIPE A.J., 1996. *Prunus* rootstock evaluation to root-knot and lesion nematodes in Spain. *J. Nematol.* 28: 616-623.
- PINOCHET J., CALVET C., HERNÁNDEZ-DORREGO A., BONET A., FELIPE A.J., MORENO M., 1999. Resistance of peach and plum rootstocks from Spain, France, and Italy to rootknot nematode *Meloidogyne javanica*. *HortScience* 34(7): 1259-1262.
- PINOCHET J., FERNÁNDEZ C., CALVET C., HERNÁNDEZ-DORREGO A., FELIPE A.J., 2000. Selection against *Pratylenchus vulnus* populations attacking *Prunus* rootstocks. *HortScience* 35(7): 1333-1337.

- REIGHARD G.L., 2000. Peach rootstocks for the United States: are foreign rootstocks the answer? *Hort-Technology* 10(4): 714-718.
- ROM R.C., CARLSON R.F., 1987. Rootstocks for fruit crops. John Wiley and sons, N.Y., 494 pp.
- SAID A., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., 1993. Patrones híbridos almendro x melocotonero: comportamiento en condiciones clorotantes. *Actas Hort.* 9: 254-261.
- SALESSES G., GRASSELLY C., RENAUD R., CLAVERIE J., 1992. Les porte greffe des espèces fruitières à noyau du genre *Prunus*. En: A. Gallais y H. Bannetot (eds.). *Amélioration des espèces fruitières cultivées: objectifs et critères de sélection*. Paris: INRA editions, pp. 605-650.
- SALESSES G., GRASSELLY C., BERNHARD R., 1994. Utilisation des espèces indigènes et exotiques pour l'amélioration des *Prunus* cultivés, variétés et porte-greffe. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 80: 77-88.
- SCOTTO LA MASSÈSE C., GRASSELLY C., MINOT J.C., VOISIN R., 1984. Différence de comportement de 23 clones et hybrides de *Prunus* à l'égard de quatre espèces de *Meloidogyne*. *Rev. Nématol.* 7: 265-270.
- SERRANO PÉREZ B., 2001. Caracterización pomológica y molecular de patrones de *Prunus* en vías de selección. Trabajo fin de carrera A.202.52 EUPLA. 181 pp.
- SERRANO B., GÓMEZ APARISI J., HORMAZA J.L., 2001. Fingerprinting *Prunus* rootstocks with microsatellites. *Acta Hort.* (en prensa).



Figura 1. Aspecto general de los clones donde se observa su tallo erecto, ausencia de anticipados y color rojo de las hojas.

Figure 1. General aspect of the clones, where it is possible to observe an erect stem, lack of feathers and red colour of leaves.

RELACIÓN ENTRE EL SABOR AMARGO DE LA ALMENDRA Y LA RESISTENCIA AL GUSANO CABEZUDO (*Capnodis tenebrionis* L.)

F. Dicenta*, J.A. Cánovas*, A. Soler**, V. Berenguer***

* Departamento de Mejora y Patología Vegetal. CEBAS-CSIC.
Apartado 4195, 30080 Murcia, España
e-mail: fdicenta@natura.cebas.csic.es

** Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario,
La Alberca, 30150 Murcia, España

*** Departamento de Química Analítica, Univ. de Alicante,
Apartado 99, 03080 Alicante, España

RESUMEN

El gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis* L.) es una de las principales plagas que afectan a los frutales de hueso en la cuenca mediterránea y en otras zonas semiáridas del mundo. Algunos estudios han mostrado una relación entre el sabor amargo de las semillas, la presencia de compuestos cianogénicos en las raíces y la resistencia al gusano cabezudo. En este trabajo hemos estudiado el contenido de prunasina y la susceptibilidad a las larvas de gusano cabezudo de tres descendencias de almendro con diferente genotipo respecto al sabor amargo: SS (dulce) ['Peraleja' (SS) x 'Ramillete' (SS)]; ss (amargo) [S3064 (ss) x S3067 (ss)] y Ss (dulce o ligeramente amargo) [S3064 (ss) x 'Ramillete' (SS)]. Tres meses después de la inoculación de las plantas con larvas neonatas, se determinaron los daños producidos y el número de larvas encontradas en las raíces. Posteriormente, se determinó el contenido de prunasina en las raíces por HPLC. Los resultados muestran que el nivel de daños fue similar en las tres familias estudiadas. El contenido en prunasina fue independiente del sabor amargo y se mostró como un carácter cuantitativo. La falta de relación encontrada entre el contenido de cianuro y los daños en raíces podría ser debido a una anómala baja incidencia de las larvas en las mismas.

Palabras clave: Almendro, *Prunus dulcis*, Sabor amargo, Resistencia, *Capnodis tenebrionis*.

SUMMARY

RELATIONSHIP BETWEEN ALMOND BITTERNESS AND RESISTANCE TO CAPNODE

Capnode (*Capnodis tenebrionis* L.) is one of the main pests that affect fruit trees in the Mediterranean basin and other semiarid areas around the world. Some studies seem to show a relationship between kernel bitterness, presence of cyanogenic compounds in roots and resistance to capnode. In this work we studied prunasin content and the resistance to capnode grubs of almond descendants of different genotypes with respect to bitterness: SS (sweet) ['Peraleja' (SS) x 'Ramillete' (SS)]; ss (bitter) [S3064 (ss) x S3067 (ss)] and Ss (sweet or slightly bitter) [S3064 (ss) x 'Ramillete' (SS)]. Three

months after having inoculated the plants with neonate grubs, incidence of damage in roots and presence of grubs were determined. Afterwards, the prunasin contents in the roots was determined by HPLC. The results showed that the damage level was similar in the three families. The prunasin contents seemed to be independent of kernel bitterness and behaved as a quantitative trait. The lack of relationship found between cyanide contents and damage in roots might be due to an anomalous low incidence of capnode grubs in the roots.

Key words: Almond, *Prunus dulcis*, Bitterness, Resistance, *Capnodis tenebrionis*.

Introducción

El gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis* L.) es la plaga más importante de las especies de género *Prunus* (albaricoquero, melocotonero, ciruelo, cerezo y almendro) en numerosos países de la cuenca mediterránea. Los daños más importantes son los producidos por las larvas, las cuales destruyen los tejidos vasculares de las raíces al alimentarse (GARRIDO y DEL BUSTO, 1986), produciendo la muerte de los árboles en pocos años (DICENTA *et al.*, 1999a).

Algunos trabajos muestran una relación entre compuestos cianogénicos y resistencia. MALAGÓN y GARRIDO (1990) y MULAS (1994) mostraron que en algunas especies frutales, incluido el almendro, la resistencia al gusano cabezudo estaba relacionada con el contenido en cianuro (debido a la presencia del compuesto cianogénico prunasina) en las raíces, de modo que los genotipos con mayor contenido en cianuro eran más resistentes a las larvas del gusano cabezudo.

Desde el punto de vista de la mejora, los patrones amargos resistentes al gusano cabezudo no presentan necesariamente ningún efecto negativo sobre otros caracteres importantes e incluso podrían tener un efecto positivo. De hecho, algunos autores han seleccionado "patrones amargos" porque inducen una mayor productividad (SPIEGEL-ROY y

WEINBAUM, 1985) o por su resistencia a nematodos (KOCHBA y SPIEGEL-ROY, 1975).

El objetivo de este trabajo es estudiar la relación entre el sabor amargo de la almendra, el contenido de prunasina en las raíces y los daños producidos por las larvas de gusano cabezudo.

Material y métodos

El material vegetal estuvo formado por tres familias de almendros de un año de edad obtenidas por polinización manual. Los cruzamientos realizados y el sabor dulce o amargo de cada genotipo fue el siguiente: SS (dulce) ['Peralaja' (SS) x 'Ramillete' (SS)]; ss (amargo) [S3064 (ss) x S3067 (ss)]; Ss (dulce o ligeramente amargo) [S3064 (ss) x 'Ramillete' (SS)].

Las almendras maduras se recogieron y se estratificaron a 7 °C durante 6 semanas. Después de su germinación se colocaron en macetas de 3 litros de volumen con un sustrato compuesto por 1/3 de tierra, 1/3 arena de río y 1/3 turba.

Durante los meses de junio y julio se procedió a la captura de los adultos de gusano cabezudo. Éstos se colocaron en jaulas provistas de una bandeja con tierra tamizada a

0,8 mm para que las hembras realizaran la puesta (GARRIDO *et al.*, 1987) y se alimentaron con ramas de albaricoquero. Periódicamente, se tamizó la tierra de las bandejas de puesta para la extracción de los huevos y éstos se colocaron en placas Petri a temperatura ambiente hasta la emergencia de las larvas. Durante el mes de agosto, se inocularon 25 plantas de cada genotipo, para ello se colocaron 20 larvas cerca del tronco a 0,5 cm de profundidad.

Tres meses después de haber realizado las inoculaciones, se evaluaron los daños producidos por las larvas en las raíces. Para ello se levantaron las plantas, se limpiaron las raíces de tierra y se determinó el nivel de daños y el número de larvas encontradas. Los daños fueron evaluados de 0 (ausencia de daños) a 5 (daños máximos).

Las raíces se separaron del resto de la planta a nivel del cuello, se colocaron en bolsas de plástico agujereadas y se congelaron a -20°C . Finalmente, se liofilizaron y se determinó el contenido de prunasina por HPLC, según el método descrito por DICENTA *et al.*, (1999b). El contenido en prunasina fue expresado como mg de cianuro/g de raíz seca.

El contenido de cianuro, el número de larvas y el nivel de daños en las raíces fue analizado estadísticamente mediante la prueba de comparación de medias de Duncan y el coeficiente de correlación de Pearson.

Resultados y discusión

En la figura 1 viene representado el contenido medio de cianuro (mg de cianuro/g

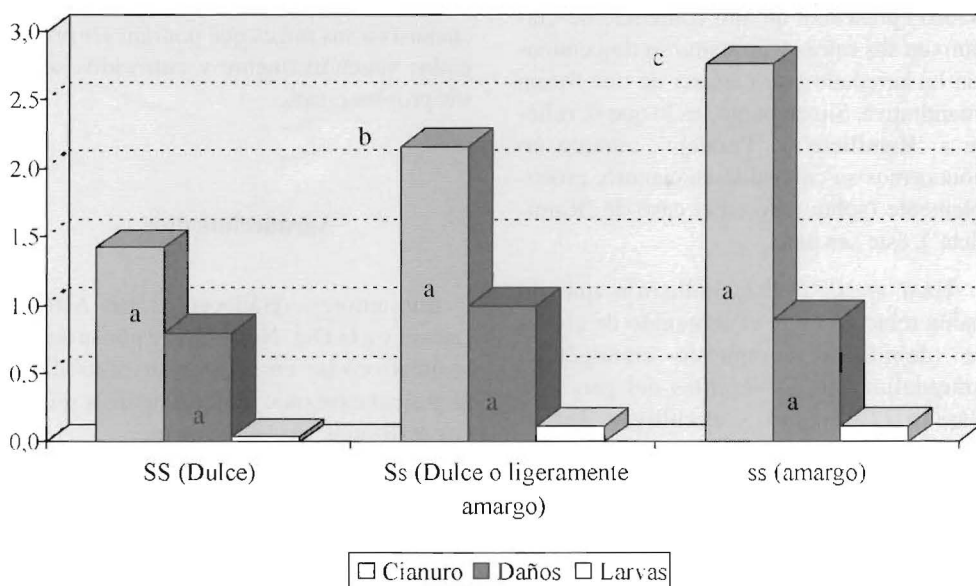


Figura 1. Contenido de cianuro (mg de CN/g de raíz), nivel de daños en raíz (de 0, ausencia de daños a 5, daños máximos) y número de larvas para cada familia (SS, Ss, ss).

Figure 1. Cyanide contents (mg of CN/g of root), root damage (scored from 0, absence, to 5, maximum) and number of grubs for each family (SS, Ss, ss).

de raíz seca), el nivel de daños y el número de larvas encontradas en las raíces para cada genotipo (ss, Ss, SS). Respecto al contenido de cianuro en las raíces, se han observado diferencias significativas entre los genotipos estudiados. Se puede observar que el genotipo ss fue el que presentó una mayor concentración y el genotipo SS el que presentó la menor concentración. Sin embargo, dentro de cada genotipo se ha observado una gran variabilidad, de modo que algunos individuos de genotipo SS presentan más cianuro en sus raíces que algunos individuos de genotipo ss y viceversa (figura 2).

Por tanto, aunque los resultados medios muestran una relación entre el amargor de las semillas y el contenido en cianuro de las raíces, los resultados individuales no indican esta relación. Nosotros pensamos que no hay una relación clara entre estos caracteres. Nuestros parentales amargos (S3064 y S3067) presentan un alto contenido de cianuro en sus raíces y por tanto su descendencia ha heredado este carácter de una forma cuantitativa. Sin embargo, en lo que se refiere a 'Ramillete' y 'Peralesja', aunque no conocemos su contenido en cianuro, probablemente (sobre todo en el caso de 'Ramillete'), éste sea bajo.

USAI *et al.* (1992) indicaron que no había relación entre el contenido de cianuro (debido al compuesto cianogénico amigdalina) de las semillas del genotipo Sassari II (amargo) y el cultivar 'Texas' (dulce), y el contenido en cianuro de las raíces y tallos de árboles procedentes de semillas obtenidas por polinización libre de estos cultivares. En cualquier caso esta comparación no es del todo correcta puesto que, aunque el polinizador no afecta al sabor de la almendra (DICENTA *et al.*, 2000), el genotipo de la descendencia puede ser diferente del genotipo del paren-

tal femenino dependiendo del parental masculino (polinizador) (DICENTA y GARCÍA, 1993).

Con respecto al nivel de daños y al número de larvas encontradas en las raíces, no se han observado diferencias significativas entre familias, mostrándose una buena correlación entre ambos caracteres. Sin embargo, no se ha observado correlación entre el nivel de daños o el número de larvas y el contenido de cianuro, lo cual no coincide con los resultados obtenidos por MALAGÓN y GARRIDO (1990) y MULAS (1994). La anómala baja incidencia de las larvas en este ensayo (en comparación con otros trabajos anteriores) parece ser la responsable de esta falta de relación.

Podemos concluir indicando que el sabor amargo no está estrechamente relacionado con el contenido de cianuro de las raíces, lo que hace posible la obtención de cultivares de almendro dulce con alto contenido de cianuro en sus raíces que podrían ser propagados vegetativamente y cultivados sobre sus propias raíces.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Alfredo Lacasa y a la Dra. Nuria Grané por su asesoramiento en los ensayos de susceptibilidad al gusano cabezudo y en los análisis químicos realizados, respectivamente.

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto "Mejora genética de patrones de almendro (*Prunus dulcis* Miller) para la resistencia al gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis* L.)" (1FD97-0989-C03-01, 02 y 03) financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología y por los Fondos FEDER.

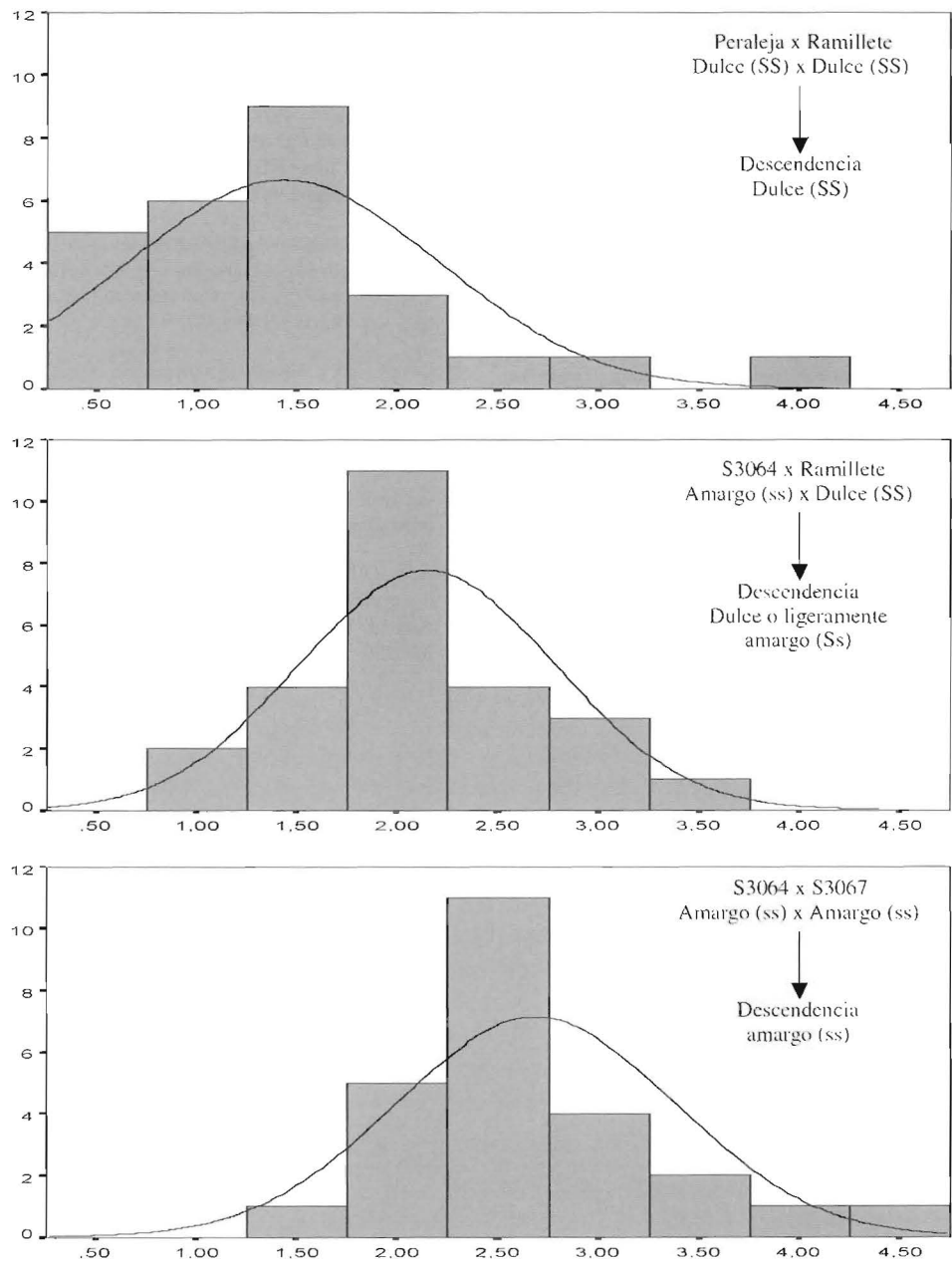


Figura 2. Histograma de frecuencias y distribución normal de la concentración de cianuro en las raíces (mg de CN⁻/g raíz) para cada familia.
Figure 2. Histogram of frequencies and normal distributions of cyanide concentrations in roots (mg of cyanide/g of root) for each family.

Bibliografía

- DICENTA F., GARCÍA J.E., 1993. Inheritance of the kernel flavour in almond. *Heredity* 70: 308-312.
- DICENTA F., LEÓN A., MARTÍNEZ-GÓMEZ P., LACASA A., SOLER A., BERLINGUER V., GRANÉ-TERUEL N., MARTÍN-CARRATALÁ M.L., 1999a. Obtención de patrones de almendro resistentes al gusano cabezudo. *Agríc. Vergel* 210: 399-401.
- DICENTA F., MARTÍNEZ-GÓMEZ P., GRANÉ-TERUEL N., MARTÍN-CARRATALÁ M.L., MEJÍA D.M., 1999b. Herencia del contenido de amígdalina y del sabor de la semilla en una descendencia de almendro. *Actas del VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas* 25(2): 35-39.
- DICENTA F., MARTÍNEZ-GÓMEZ P., ORTEGA E., DUVAL H., 2000. Cultivar pollinizer does not affect almond flavor. *HortScience* 35(6): 1153-1154.
- GARRIDO A., DEL BUSTO T., 1986. El gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis* L., Coleop: Buprestidae). *Agríc. Vergel* 49: 23-29.
- GARRIDO A., DEL BUSTO T., MALAGÓN J., 1987. Método de recogida de huevos de *Capnodis tenebrionis* L. y algunos factores abióticos que pueden condicionar la puesta. *Bol. San. Veg. Plagas* 13: 303-309.
- KOCHBA J., SPIEGEL-ROY P., 1975. Inheritance of resistance to the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica* Chitwood) in bitter almond progenies. *Euphytica* 24: 453-457.
- MALAGÓN J., GARRIDO A., 1990. Relación entre el contenido de glicósidos cianogénicos y la resistencia a *Capnodis tenebrionis* L. en frutales de hueso. *Bol. San. Veg. Plagas* 16: 499-503.
- MULAS M., 1994. Almond genetic resources and resistance to *Capnodis tenebrionis*. *Acta Hort.* 337: 41-48.
- SPIEGEL-ROY P., WEINBAUM S.A., 1985. Increasing productivity in sweet almond using selected clones of bitter almond. *Euphytica* 34: 213-217.
- USAI M., D'HALLEWIN G., 1992. Cyanogenic glucosides contained in different organs of bitter and sweet almond. VIII Coll. GREMPA. Rap. EUR 14081: 233-236.

ESTADO ACTUAL DEL CULTIVO DEL ALMENDRO EN ANDALUCÍA. LÍNEAS DE TRABAJO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN (JUNTA DE ANDALUCÍA)

O. Arquero*, S. Rodríguez*, B. Casado**, J. Jiménez**,
A. Navarro**

* CIFA "Alameda del Obispo", Aptdo. 3092 Córdoba, España

** OCAS de Antequera, Huércal-Overa y Vélez-Rubio, España

RESUMEN

El cultivo del almendro, con una superficie de unas 200.000 ha. es uno de los más importantes en Andalucía, aunque con un carácter muy marginal. En este trabajo se recogen las características que presenta el cultivo del almendro en Andalucía, haciendo una descripción y análisis de: superficies y producciones, características del medio físico, material vegetal, técnicas de cultivo, asociacionismo y comercialización. También se describen los ensayos que, sobre almendro, lleva en curso la Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía.

Palabras clave: Almendro, Andalucía, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY

PRESENT SITUATION OF ALMOND GROWING IN ANDALUCIA. RESEARCH LINES OF THE DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIÓN (JUNTA DE ANDALUCÍA)

Almond growing, with a surface of about 200,000 ha, is one of the most important crops in Andalucía, although with a marginal aspect. The characteristics of this crop in Andalucía are presented in this work, with a description and an analysis of surfaces and productions, characteristics of the environment, plant material, growing management, associations and marketing. The trials on almond under way by the Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía are also described.

Key words: Almond, Andalucía, *Prunus amygdalus* Batsch.

Importancia del cultivo

Andalucía, con unas 200.000 ha en plantación regular, es la región española que cuenta con mayor superficie de almendro, concentrándose principalmente en las provincias de Almería, Granada y Málaga. Después del olivo, es la especie frutal con mayor implantación, teniendo además una gran

importancia social por el elevado número de explotaciones, aunque de pequeñas dimensiones, y concentrarse en comarcas deprimidas, con pocas alternativas.

La producción media de almendra está en torno a las 15.000 Tm de almendra grano, con grandes oscilaciones motivadas, sobre todo, por la frecuencia de las heladas y períodos de sequía. La producción unitaria por

superficie es muy baja, sobre unos 300 kg almendra cáscara/ha.

El almendro ha sido considerado tradicionalmente como un cultivo marginal, implantado en medios con grandes limitaciones. La baja productividad, consecuencia de su carácter marginal, son, por desgracia, las señas de identidad de la mayoría de las plantaciones existentes en la actualidad.

Características del medio

En general, el almendro se cultivaba en zonas que presentaban unas malas condiciones agronómicas, que limitan altamente la productividad de las plantaciones.

Orografía

Los principales núcleos almendreros de Andalucía están enclavados en comarcas montañosas, con elevadas pendientes y altitud. Esta orografía tan adversa limita o impide la mecanización del cultivo y provoca graves problemas medioambientales, debido a la pérdida de suelo por erosión.

Suelo

En general, el almendro está implantado en suelos agronómicamente malos, poco profundos, de media/baja fertilidad, pedregosos y contenido alto en caliza.

Clima

Clima mediterráneo, con un régimen de lluvias bajo (precipitaciones medias inferiores a los 400 mm), siendo además frecuen-

tes ciclos de sequía intra e interanuales. Las temperaturas presentan grandes oscilaciones, con veranos largos y muy calurosos e inviernos fríos, debido a la altitud, siendo frecuentes los daños por heladas.

Material vegetal

Edad de las plantaciones

La mayoría de las plantaciones tienen entre 10-25 años, el porcentaje de jóvenes (< 10 años) se estima en un 25%.

Patrones

Tradicionalmente se han utilizado como patrones los francos de almendro, sobre todo los amargos, ya que estaban considerados como los más resistentes a la sequía. Los francos de amargo fueron siendo desplazados por los dulces, principalmente del cultivar 'Garrigues' y en menor medida por 'Atocha', que, manteniendo una buena rusticidad, presentan una mayor homogeneidad, un mejor desarrollo y facilidad al trasplante.

Actualmente se ha generalizado el empleo de híbridos entre almendro y melocotonero que, teniendo una total compatibilidad de injerto, presentan unas características agronómicas mejores que los francos. El híbrido mayoritariamente utilizado es el 'INRA-GF-677'.

Cultivares

El cultivar más difundido es 'Guara', seguido de 'Desmayo Largueta' y 'Marcona', pero es el grupo de las comunas tempranas el más numeroso; salvo 'Guara',

todos estos cultivares son autoincompatibles. La existencia de polinizadores no siempre se da, o bien no se ha acertado en la elección de los cultivares, por su desfase en la fecha de floración, o en el porcentaje de polinizadores. También hay que destacar que, en la inmensa mayoría de los casos, no se colocan colmenas de abejas en floración. Todo ello contribuye a que la polinización no se realiza adecuadamente, provocando grandes pérdidas de cosecha.

A partir de la década de los 90, se fueron introduciendo las nuevas obtenciones de cultivares de floración tardía, inicialmente los franceses e italianos y posteriormente españoles. Hoy en día más del 80% de las nuevas plantaciones o cambios varietales se hacen con estos nuevos cultivares, siendo 'Guara', obtención del SIA de Zaragoza, el más difundido. Estos nuevos cultivares han tenido una buena aceptación, sin embargo, consideramos que sería un error perder o no plantar los cultivares tradicionales españoles de floración temprana en aquellas zonas que presenten condiciones adecuadas. Cultivares como 'Desmayo Largueta' y, especialmente, 'Marcona' tienen un carácter diferencial por su volumen de producción y difusión nacional, con muy buenas características comerciales, que los hace ser apreciados y alcanzar un precio mayor, que puede superar el 30%.

Técnicas de cultivo

Como cultivo marginal, en el almendro se han realizado tradicionalmente escasas labores culturales. Con la implantación de los Planes de Mejora en los años 90, y la creación de nuevas plantaciones en medios menos limitantes, se ha conseguido una

mejora sustancialmente en la ejecución de las distintas técnicas de cultivo.

Plantación

Como labores previas suele hacerse un desfonde o subsolado en verano, antes de la plantación se dan varios pases de cultivador. La correcta ejecución de estas labores de preparación está muy limitada en parcelas con elevadas pendientes. Debido al poco volumen del sistema radicular de los plantones, no son necesarios hoyos de gran profundidad.

Los marcos tradicionales eran amplios, 8 x 8, 9 x 9, o mayores cuando se ponían cultivos asociados, actualmente los más utilizados son el 7 x 6 y 7 x 7 m. La plantación se hace en Otoño-Invierno, entre los meses de Noviembre a Enero. Era habitual y lo sigue siendo, aunque en menor medida, el plantar hondo, bastante por debajo del punto donde estaba en vivero, lo que puede provocar la muerte de las raíces por falta de aireación.

Normalmente no suelen colocarse tutores ni protectores. Si el suelo tiene buen tempero, no suele darse riego de implantación.

Manejo del suelo

En el almendro se da la paradoja de que, siendo uno de los cultivos con mayor riesgo de erosión (por las características orográficas de sus zonas de cultivo), prácticamente todas las plantaciones tienen como sistema de manejo del suelo el laboreo tradicional, el menos aconsejado para la lucha contra la erosión. Las causas de esto pueden ser varias: la tradición de labrador, falta de experiencia y conocimientos técnicos o

materiales para implantar otros sistemas, etc. Suelen darse de 2 a 5 labores distribuidas a lo largo del año, en función de la pluviometría y desarrollo de la hierba.

Las plantaciones con un diseño para disminuir el riesgo de erosión, como curvas de nivel o terrazas, no llegan al 10%.

Injerto

Antiguamente se utilizaban plantones que se injertaban, normalmente, al segundo año de plantación: los tipos de injerto más utilizados eran el de canutillo y el de chapa. La técnica del injerto es practicada actualmente cuando se realiza un cambio varietal en plantación adulta, hecho relativamente frecuente por el cambio a cultivares de floración tardía.

Los injertos suelen realizarse en las ramas principales, raramente en el tronco. Se practican injertos de yema (escudete o chapa) y de púa (de corona o hendidura).

Poda

Las intervenciones en la poda tradicional son escasas. En el primer o segundo año, en función del desarrollo alcanzado, se forma la estructura del árbol, con una formación en vaso libre, escogiendo 3-4 ramas principales, y dejando la cruz a unos 80 cm del suelo. No se practica poda en verde y las intervenciones de invierno se limitan a eliminar los chupones, clarear la zona interior de la copa y eliminación de alguna rama entrecruzada. La periodicidad suele ser bianual.

Con la tecnificación del cultivo y la introducción de nuevos cultivares de difícil ramificación, han cambiado los hábitos de

poda. Se tiende a una forma en vaso de pisos, con un armazón formado por 3-4 ramas principales y una cruz a 80-100 cm del suelo, para facilitar la recolección con vibrador. Se practica la poda en verde, con pinzamientos y aclareo de brotes para acortar el período de formación. La poda de invierno se hace anualmente, eliminando los chupones, ramas mal situadas y formaciones fructíferas agotadas, efectuando además cortes de rebaje para conseguir una sólida estructura y provocar la ramificación y formación de pisos.

Fertilización

Nunca ha sido práctica habitual la fertilización en el almendro, en la actualidad, por imperativo de los Planes de Mejora, se realiza anualmente. El fertilizante más empleado es el complejo 15-15-15, a una dosis entre 200-300 kg/ha, aplicado en otoño/invierno en función del régimen de lluvias. Suele ser frecuente también la aplicación de un abonado foliar aprovechando los tratamientos fitosanitarios de primavera.

Riego

La superficie en riego de almendro no pasa del 5%, tratándose en la mayoría de los casos de riegos de apoyo.

Recolección

La recolección es la labor que representaba el mayor coste del cultivo. Esto, unido a la falta de mano de obra, ha inducido a una creciente y rápida mecanización de la recolección. Antiguamente se derribaba la almendra al suelo ayudados por varas o

mazos de goma, para recogerla luego manualmente. Hoy en día, son muchas las plantaciones que utilizan vibradores mecánicos para el detribo y recepción del fruto.

Asociacionismo y comercialización

En Andalucía los Planes de Mejora se iniciaron en 1.990. En la actualidad, más del 80% de la superficie de almendro está acogida a ellos, siendo 16 las OPFH implantadas en la región. Las técnicas de cultivo, en muchos casos inexistentes con anterioridad, han mejorado con la implantación de los Planes de Mejora, habiéndose conseguido unas plantaciones con unos estados vegetativo y sanitario aceptables. Hay que destacar también la decisiva contribución de estos Planes en la agrupación del sector productor.

Del proceso de comercialización y transformación de la almendra, solamente las dos primeras fases de limpieza-secado y descascarillado suelen llevarse a cabo en Andalucía, el resto del proceso, salvo alguna excepción, se termina en otras regiones españolas, sobre todo en Levante y Cataluña.

Nuevas plantaciones

En los últimos años se está produciendo un cambio en el concepto del cultivo del almendro. A parte de las mejoras en las técnicas de cultivo propiciadas por los Planes de Mejora, se están haciendo nuevas plantaciones, tanto en zonas tradicionalmente almendreras como en otras que no lo son, en unas condiciones buenas para el cultivo y con un grado de tecnificación alto, con unos resultados esperanzadores.

Líneas de trabajo en almendro de la Dirección General de Investigación

En la actualidad están en curso los siguientes ensayos de investigación y experimentación:

- *Red de campos de almendro de floración tardía.* La red está formada por 10 campos. Los cultivares ensayados son: 'Antoñeta', 'Cambra', 'Glorieta', 'Guara', 'Marta', 'Masbovera', 'Ferraduel', 'Ferragnès', 'Lauranne', 'Cristomorto', 'Supernova' y 'Tuono'.

El diseño experimental es en bloques al azar, con dos repeticiones y parcelas elementales de 10 árboles.

- *Red de campos de almendro de floración temprana.* La red está formada por 4 campos. Los cultivares ensayados son: 'Desmayo largueta', 'Abizanda', 'Asperilla', 'Garrigues', 'Peraleja', 'Ramillete', 'Marcona', 'Blanquerna', 'Pajarera' y 'Rumbeta'.

El diseño experimental es en bloques al azar, con cuatro repeticiones y parcelas elementales de 5 árboles.

- *Ensayos de poda de formación.* Hay implantados 4 campos de ensayo. Los tratamientos estudiados son:

- Poda tradicional: intervención en invierno, sin efectuar cortes de rebaje.
- Poda racional I: intervención en invierno, efectuando cortes de rebaje.
- Poda racional II: intervenciones en primavera e invierno, efectuando cortes de rebaje.

El diseño experimental es en bloques al azar, con cuatro repeticiones y parcelas elementales de 5 árboles.

• *Ensayos sobre manejo del suelo y lucha contra la erosión.* Hay implantado un campo de ensayo. Los tratamientos estudiados son:

- Laboreo tradicional.
- Suelo desnudo con aplicación de herbicidas.
- Cubierta natural.
- Cubierta cultivada.
- Distintos manejos, según condiciones.

El diseño experimental es en bloques al azar, con cuatro repeticiones, parcelas

elementales de 4 árboles y doble línea guarda.

Los campos de ensayo están distribuidos en toda la región, en distintas condiciones medioambientales y de cultivo, ubicándose en fincas de la Administración o de agricultores colaboradores.

Estos trabajos están financiados por la Dirección General de Investigación Agraria (Junta de Andalucía), con la colaboración de las siguientes OPFH: Agromañán, Almenquera del Sur y Crisol; y las empresas viverísticas Almeriplant y Orero.

PRECOCIDAD EN LA ENTRADA EN FLORACIÓN EN FAMILIAS DE PISTACHERO

F.J. Vargas, M.A. Romero, I. Vargas

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)
Departament d'Arboricultura Mediterrània
Centre de Mas Bové, Apartat 415, 43280 Reus, España

RESUMEN

Se realizaron observaciones relativas al período juvenil en 1.197 pistacheros, descendientes de 15 cruzamientos realizados utilizando un total de 6 cultivares femeninos y 8 masculinos.

Se tomaron notas de intensidad de floración y producción cuando los árboles tenían 7 y 8 años de edad, encontrándose una correlación significativa entre los datos de intensidad de floración correspondientes a ambos años y, en el caso de los árboles hembras, entre la intensidad de floración y producción en los dos años. Destacó el interés de las familias 'Mateur' x 'C', 'Batoury' x 'C' y 'Larnaka' x 'B', mientras que las descendencias de 'Mateur' x 'Túnez' y 'Larnaka' x 'M-38' tuvieron una lenta entrada en floración. En relación con los padres, destacaron positivamente 'C', 'Nazar', 'M-502' (machos) y 'Mateur' (hembra), mientras que 'M-36', 'M-38' y 'Túnez' (machos) no presentaron interés en relación con estos caracteres.

Se registró el año en que se produjo la primera floración de los árboles. Por edades, los porcentajes de árboles que comenzaron a florecer fueron los siguientes: 4 años (0,5%), 5 años (5,1%), 6 años (32,2%), 7 años (30,6%), 8 años (21,2%) y más de 8 años (10,4%). Se observó que los machos tuvieron un período juvenil más corto que las hembras.

Palabras clave: Pistachero, *Pistacia vera* L., Mejora, Cruzamientos, Cultivares, Precocidad en la entrada en producción, Período juvenil.

SUMMARY

FLOWERING PRECOCITY IN PISTACHIO PROGENIES

Observations have been recorded related to the juvenile period of a total of 1.197 pistachio seedlings, obtained from 15 controlled crosses between 6 females and 8 males.

Records of flowering and production intensity were taken when the trees were 7 and 8 years old. A significant correlation was found between the records of flowering intensity in the two years and, in the case of the females, between flowering and production intensity in each year. The families 'Mateur' x 'C', 'Batoury' x 'C' and 'Larnaka' x 'B' stood out for their interest, while 'Mateur' x 'Túnez' and 'Larnaka' x 'M-38' start to produce very slowly. In relation with the parents, 'C', 'Nazar', 'M-502' (males) and 'Mateur' (female) are outstanding, while 'M-36', 'M-38' and 'Túnez' (males) are unpromising in relation to these characters.

Flowering precocity, as date of first flowering was also recorded. Tree ages and the percentages over the total number of seedlings were the following: 4 years old (0.5%), 5

years old (5.1%), 6 years old (32.2%), 7 years old (30.6%), 8 years old (21.2%) and more than 8 years old (10.4%). Males showed a shorter juvenile period.

Key words: Pistachio, *Pistacia vera* L., Breeding, Progenies, Cultivars, Flowering and bearing earliness, Juvenile period.

Introducción

El cultivo del pistachero (*Pistacia vera*, L.) está localizado, principalmente, en el Oriente Medio (Irán, Turquía, Siria), Mediterráneo (Grecia, Túnez, Sicilia) y California. Desde la antigüedad, la especie se ha cultivado en áreas del centro-oeste de Asia y Cuenca Mediterránea. En California, el cultivo es de reciente introducción, habiendo alcanzado una importante difusión en las últimas tres décadas. Existen notables diferencias en las características de las zonas productoras. En España, con una superficie actual, en expansión, estimada en unas 1.000 ha, las plantaciones son muy jóvenes, prácticamente todas ellas menores de 20 años (VARGAS *et al.*, 1999a).

A pesar de la antigüedad del cultivo, de las amplias áreas donde se localiza y de las diferentes condiciones en que se desarrolla, solamente un reducido número de cultivares han alcanzado una cierta difusión. De hecho, en comparación con otros frutales, se han descrito pocos cultivares de pistachero. Esto puede deberse a diversas causas: necesidad (mayor que en otros casos) de recurrir al injerto, tanto para reducir el excesivo número de plantas masculinas, improductivas, obtenidas al sembrar pistachos, como para utilizar, como patrones, árboles silvestres del género *Pistacia*; larga vida del árbol; presión de las severas condiciones del medio ambiente; selección humana; etc. (MAGGS, 1973). Generalmente, en cada zona productora se utiliza solamente el material autóctono. Los cultiva-

res se han difundido muy poco fuera de sus zonas de origen, probablemente debido a la dificultad de propagación. Existen considerables diferencias entre cultivares procedentes de diferentes zonas (WHITEHOUSE, 1957; SPIEGEL-ROY *et al.*, 1972; GÖKÇE y AKÇAY, 1993; SHEIBANI, 1994; VARGAS *et al.*, 1995b).

Hasta fechas recientes, los trabajos relativos a la selección y mejora de cultivares han sido muy escasos (PONTIKIS, 1986; MAGGS, 1990; PARFIT, 1995; CHAO *et al.*, 1998). Dos características del pistachero dificultan de una forma especial la actividad de mejora de cultivares por cruzamientos: a) se trata de una especie dioica (desconocimiento del potencial del parental masculino para algunos caracteres productivos importantes) y b) tiene una entrada en producción bastante lenta (alargamiento del ciclo de selección). Sin embargo, las posibilidades de mejora son evidentes, habida cuenta de las grandes diferencias en las características de poblaciones pertenecientes a zonas diferentes (interés de combinar machos y hembras de distintas procedencias) y de la existencia de cultivares con caracteres sobresalientes.

En el marco de un reducido programa de mejora, en 1989 y 1990 se realizaron cruzamientos en Mas Bové entre cultivares masculinos y femeninos de diferente procedencia, obteniéndose algo más de 2.000 árboles, derivados de 31 cruces entre 10 hembras y 12 machos, que actualmente se encuentran en fase de estudio y selección (VARGAS *et al.*, 1996). El proyecto ha comenzado a generar información sobre el interés de cru-

zamientos y genitores para algunos caracteres: vigor, período juvenil, fechas de floración y brotación (VARGAS *et al.*, 1995a y 1999b; VARGAS y ROMERO, 1998a y b).

El pistachero está considerado como una especie bastante lenta en la entrada en floración y producción y, por consiguiente, la reducción del período juvenil es un objetivo básico de la selección y mejora de cultivares, tanto femeninos, como masculinos. Lógicamente, en las hembras se persigue acortar el período improductivo y en los machos mejorar su función como polinizador. Existen importantes diferencias entre cultivares en relación con la entrada en floración (VARGAS *et al.*, 1997). En este trabajo se recogen observaciones relativas al período juvenil en 15 familias.

Material y métodos

Los cruzamientos se realizaron durante los años 1989 y, principalmente, 1990. Los árboles obtenidos fueron criados en contenedor y plantados en campo en abril de 1992, en 3 parcelas diferentes. En dos de ellas se hizo una distribución aleatoria de los árboles, con el fin de poder comparar con precisión a las familias para algunos caracteres importantes. En la primera se plantaron descendientes de cruzamientos realizados en 1989 y en la segunda de 1990. En la tercera parcela se agruparon por familias árboles que también procedían de cruces efectuados en 1990.

En el cuadro 1 se reflejan las familias analizadas en este artículo, con su número

Cuadro 1. Cruzamientos, número de árboles y distribución de los mismos en el campo (árboles distribuidos al azar en la plantación, o bien ordenados por familias)
Table 1. Crosses, number of trees and their distribution in the field (trees distributed at random at planting or ordered by families)

Distribución de los árboles en el campo			
Cruzamientos	Número de árboles	Aleatorizada	No aleatorizada
'Mateur' x 'M-502'	159	57	102
'Mateur' x 'M-38'	145	53	92
'Larnaka' x 'Nazar'	127	59	68
'Mateur' x 'Nazar'	98	59	39
'Mateur' x 'C'	93	48	45
'Larnaka' x 'M-38'	92	70	22
'Aegina' x 'M-502'	83	58	25
'Sfax' x 'M-502'	68	68	0
'Larnaka' x 'M-502'	65	65	0
'Mateur' x 'M-36'	60	60	0
'Batoury' x 'C'	57	57	0
'Aegina' x 'Enk'	50	50	0
'Larnaka' x 'B'	37	37	0
'White Ouleimy' x 'M-502'	34	34	0
'Mateur' x 'Túnez'	29	29	0
Total	1.197	804	393

de árboles y forma de distribución de los mismos en la plantación. Se han realizado observaciones en un total de 1.197 pistacheros, derivados de 15 cruzamientos. En el cuadro 2 se recoge el origen de los 6 genitores femeninos y 8 masculinos utilizados.

Se ha observado el sexo de los árboles y el año de aparición de las primeras flores. En 1999 y 2000 (7 y 8 años de edad) se valoró, con una notación de 0 a 9, la intensidad de floración de los 1.197 árboles, machos y hembras. En estos mismos años, también se registró, igualmente con una nota de 0 a 9, la intensidad de producción en los 511 árboles que se sabía eran hembras.

Resultados y discusión

En el cuadro 3 se recogen las notas medias de las familias relativas a la intensidad de floración en 1999 y 2000. Los resultados de ambos años son similares, habiéndose encontrado una correlación entre ellos (cuadro 5). Se han podido apreciar diferencias importantes entre las descendencias.

Puede destacarse el interés de las familias 'Mateur' x 'C', 'Batoury' x 'C' y 'Larnaka' x 'B'. Por el contrario, las descendencias de 'Mateur' x 'Túnez' y 'Larnaka' x 'M-38' han tenido una entrada en floración muy lenta.

En el cuadro 4 se comparan familias con genitores comunes, femeninos o masculinos. Los resultados son muy claros. Sobresalen positivamente 'Mateur' (hembra) y 'C', 'Nazar' y 'M-502' (machos). Los genitores masculinos 'M-36', 'M-38' y 'Túnez' no presentaron ningún interés por este importante carácter.

En el cuadro 3 también se recogen las medias relativas a la intensidad de producción en los 511 árboles que se sabía eran hembras. Dado que, como veremos más adelante, todavía se desconocía el sexo del 10,4% de los árboles (cuadro 6), y parte de ellos serán hembras que les hubiera correspondido una nota 0, estas cifras medias deberán ser corregidas a la baja en años sucesivos y sólo pueden tomarse ahora como orientativas.

En el cuadro 5 se reflejan las correlaciones entre las observaciones relativas a intensidad de floración y producción en

Cuadro 2. Cultivares femeninos y masculinos utilizados en los cruzamientos
Table 2. Female and male cultivars used in the crosses

Hembras			Machos		
Cultivar	Origen	Nº de árboles	Cultivar	Origen	Nº de árboles
'Mateur'	Túnez	584	'M-502'	Italia	409
'Larnaka'	Chipre	321	'Nazar'	Israel	225
'Aegina'	Grecia	133	'C'	Grecia	150
'Sfax'	EE.UU.	68	'M-38'	Siria	237
'Batoury'	Siria	57	'M-36'	Siria	60
'White Ouleimy'	Siria	34	'Enk'	Israel	50
			'B'	Grecia	37
			'Túnez'	Túnez	29
Total		1.197			1.197

Cuadro 3. Intensidad de floración y producción en descendencias de pistachero.
Observaciones realizadas en 1999 y 2000 (7 y 8 años). Media de las descendencias.
Notación: 0-9

Table 3. Flowering and production intensity in pistachio progenies. Observations of 1999 and 2000 (7 and 8 years). Mean of the progenies. Score: 0-9

Cruzamiento	Intensidad de floración media			Intensidad de producción media		
	N ¹	1999	2000	N ¹	1999	2000
Parcela 1. Distribución aleatoria de los árboles. Cruzamientos 1989						
'Larnaka' x 'B'	37	4,14 a	3,97 a	14	2,33	2,43
'Sfax' x 'M-502'	68	2,66 b	3,34 a	29	1,77	3,17
'Mateur' x 'Túnez'	29	1,26 c	1,90 b	8	0,63	2,38
Total	134	2,76	3,20	51	1,74	2,84
Parcela 2. Distribución aleatoria de los árboles. Cruzamientos 1990						
'Batoury' x 'C'	57	4,11 a	5,02 a	28	1,63	3,29
'Mateur' x 'C'	48	4,41 a	4,60 a	22	2,21	3,73
'Mateur' x 'M-502'	57	2,33 bc	3,14 b	21	1,33	3,05
'Mateur' x 'Nazar'	59	2,46 b	2,97 bc	26	0,78	1,96
'White Ouleimy' x 'M-502'	34	1,85 bcd	2,91 bcd	11	0,94	2,27
'Aegina' x 'M-502'	58	1,45 cd	2,64 bcd	30	0,76	2,63
'Aegina' x 'Enk'	50	1,79 bcd	2,48 bcd	21	0,92	2,10
'Mateur' x 'M-38'	53	1,04 d	2,43 bcd	15	0,78	2,47
'Larnaka' x 'M-502'	65	1,73 bcd	2,29 cd	24	1,07	2,38
'Mateur' x 'M-36'	60	1,63 bcd	2,13 de	26	0,87	2,50
'Larnaka' x 'Nazar'	59	2,33 bc	2,12 de	26	1,58	2,12
'Larnaka' x 'M-38'	70	0,89 d	1,51 e	19	0,87	1,84
Total	670	2,13	2,80	269	1,16	2,55
Parcela 3. Distribución no aleatoria de los árboles (ordenados por familias). Cruzamientos 1990						
'Mateur' x 'C'	45	2,46	3,96	21	2,36	3,29
'Mateur' x 'M-502'	102	2,58	3,22	48	2,28	3,23
'Mateur' x 'Nazar'	39	2,35	3,18	20	0,92	2,80
'Larnaka' x 'Nazar'	68	2,35	3,12	30	1,62	2,53
'Larnaka' x 'M-38'	22	2,27	3,09	8	1,91	2,63
'Mateur' x 'M-38'	92	2,01	2,62	51	1,43	2,61
'Aegina' x 'M-502'	25	1,52	2,52	13	1,40	2,08
Total	393	2,28	3,09	191	1,74	2,81

N¹: Número de árboles sobre los que se han realizado las observaciones.

Comparación de medias: Test de Duncan. En las parcelas 1 y 2, para cada columna, las descendencias con la misma letra no difieren significativamente entre sí al nivel del 95%.

Cuadro 4. Intensidad de floración media en 2000 (8 años, nota 0-9). Comparación de algunas familias con genitores comunes (datos extraídos del cuadro 3)

Table 4. Mean flowering intensity in 2000 (8 years, score 0-9). Comparison of some families with common parents (data obtained from table 3)

Cruzamiento	N ¹	Media	Cruzamiento	N ¹	Media
Parcela 2. Distribución aleatoria de los árboles en la plantación					
'Larnaka' x 'M-502'	65	2.29 cd	'Mateur' x 'M-38'	53	2.43 bcd
'Larnaka' x 'Nazar'	59	2.12 de	'Larnaka' x 'M-38'	70	1.51 e
'Larnaka' x 'M-38'	70	1.51 e			
			'Mateur' x 'M-502'	57	3.14 b
'Mateur' x 'C'	48	4.60 a	'White Ouleimy' x 'M-502'	34	2.91 bcd
'Mateur' x 'M-502'	57	3.14 b	'Aegina' x 'M-502'	58	2.64 bcd
'Mateur' x 'Nazar'	59	2.97 bc	Larnaka' x 'M-502'	65	2.29 cd
'Mateur' x 'M-38'	53	2.43 bcd			
'Mateur' x 'M-36'	60	2.13 de	'Mateur' x 'Nazar'	59	2.97 bc
			'Larnaka' x 'Nazar'	59	2.12 de
Parcela 3. Distribución no aleatoria de los árboles en la plantación (ordenados por familias)					
'Larnaka' x 'Nazar'	68	3.12	'Larnaka' x 'M-38'	22	3.09
'Larnaka' x 'M-38'	22	3.09	'Mateur' x 'M-38'	92	2.62
'Mateur' x 'C'	45	3.96	'Mateur' x 'M-502'	102	3.22
'Mateur' x 'M-502'	102	3.22	'Aegina' x 'M-502'	25	2.52
'Mateur' x 'Nazar'	39	3.18			
'Mateur' x 'M-38'	92	2.62	'Mateur' x 'Nazar'	39	3.18
			'Larnaka' x 'Nazar'	68	3.12

N¹: Número de árboles sobre los que se han realizado las observaciones.

Comparación de medias: Test de Duncan. En la parcela 2, las descendencias con la misma letra no difieren significativamente entre sí al nivel del 95%.

Cuadro 5. Correlaciones

Table 5. Correlations

Caracteres	N ¹	Coefficiente r	Significación
Intensidad floración 1999-intensidad floración 2000	1.197	0.63	0.0001
Intensidad floración 1999-intensidad producción 1999	511	0.83	0.0001
Intensidad floración 2000-intensidad producción 2000	511	0.67	0.0001
Intensidad de producción 1999-intensidad de producción 2000	511	0.42	0.0001

N¹: Número de árboles sobre los que se han realizado las observaciones.

Cuadro 6. Precocidad de la entrada en floración en familias de pistachero. Clasificación por el número de años transcurridos desde la plantación hasta que se produce la primera floración (% de los árboles de la descendencia) y distribución por sexos (H: hembras, M: machos)

Table 6. Flowering precocity in pistachio families. Classification according to the years from planting until first bloom (% of trees in the family) and distribution by sex (H: female, M: male)

		Número de años hasta la primera floración (% de la descendencia)											
		4 años		5 años		6 años		7 años		8 años		> 8	
Cruzamientos	N ¹	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
Parcela 1. Distribución aleatoria de los árboles en la plantación													
'Larnaka' x 'B'	37	0.0	8.1	8.1	18.9	16.2	16.2	10.8	8.1	2.7	2.7	8.1	
'Sfax' x 'M-502'	68	0.0	0.0	2.9	5.9	11.8	26.5	16.2	16.2	11.8	4.4	4.4	
'Mateur' x 'Túnez'	29	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	24.1	6.9	10.3	13.8	6.9	31.0	
Total Parcela 1	134	0.0	2.2	3.7	8.2	11.9	23.1	12.7	12.7	9.7	4.5	11.2	
Parcela 2. Distribución aleatoria de los árboles en la plantación													
'Batory' x 'C'	57	0.0	0.0	14.0	1.8	21.1	35.1	8.8	7.0	5.3	5.3	1.8	
'Mateur' x 'C'	48	0.0	0.0	4.2	8.3	27.1	37.5	10.4	0.0	4.2	0.0	8.3	
'W. Ouleimy' x 'M-502'	34	0.0	0.0	0.0	5.9	2.9	17.6	20.6	14.7	8.8	8.8	20.6	
'Mateur' x 'M-502'	57	0.0	0.0	0.0	5.3	14.0	33.3	10.5	5.3	12.3	12.3	7.0	
'Mateur' x 'Nazar'	59	0.0	0.0	0.0	5.1	15.3	22.0	13.6	15.3	15.3	3.4	10.2	
'Mateur' x 'M-38'	53	0.0	0.0	0.0	3.8	9.4	18.9	7.5	7.5	11.3	22.6	18.9	
'Aegina' x 'Enk'	50	0.0	0.0	0.0	2.0	8.0	22.0	20.0	14.0	14.0	10.0	10.0	
'Larnaka' x 'Nazar'	59	0.0	0.0	0.0	1.7	16.9	20.3	20.3	13.6	6.8	8.5	11.9	
'Aegina' x 'M-502'	58	0.0	0.0	0.0	1.7	17.2	17.2	10.3	10.3	24.1	8.6	10.3	
'Mateur' x 'M-36'	60	0.0	0.0	0.0	1.7	16.7	11.7	15.0	11.7	11.7	11.7	20.0	
'Larnaka' x 'M-502'	65	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	21.5	13.8	12.3	12.3	15.4	13.8	
'Larnaka' x 'M-38'	70	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	2.9	14.3	18.6	8.6	21.4	30.0	
Total Parcela 2	670	0.0	0.0	1.5	2.8	13.7	21.2	13.6	11.0	11.3	11.0	13.7	
Parcela 3. Distribución no aleatoria de los árboles en la plantación (ordenados por familias)													
'Mateur' x 'Nazar'	39	0.0	2.6	2.6	0.0	5.1	17.9	12.8	20.5	30.8	5.1	2.6	
'Mateur' x 'C'	45	0.0	2.2	2.2	2.2	17.8	22.2	20.0	15.6	6.7	6.7	4.4	
'Mateur' x 'M-502'	102	0.0	1.0	0.0	3.9	13.7	21.6	21.6	11.8	11.8	8.8	5.9	
'Larnaka' x 'Nazar'	68	0.0	0.0	0.0	7.4	8.8	26.5	27.9	16.2	7.4	5.9	0.0	
'Aegina' x 'M-502'	25	0.0	0.0	4.0	0.0	8.0	4.0	32.0	36.0	8.0	0.0	8.0	
'Mateur' x 'M-38'	92	0.0	0.0	1.1	2.2	6.5	4.3	27.2	20.7	20.7	10.9	6.5	
'Larnaka' x 'M-38'	22	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	13.6	22.7	36.4	9.1	9.1	4.5	
Total Parcela 3	393	0.0	0.8	1.0	3.1	9.9	16.5	23.7	18.8	14.0	7.6	4.6	
Total	1.197	0.0	0.5	1.6	3.5	12.3	19.9	16.8	13.8	12.0	9.2	10.4	

N¹: Número de árboles sobre los que se han realizado las observaciones.

ambos años. Los resultados, son los esperados: se ha encontrado una correlación significativa entre los datos de intensidad de floración correspondientes a ambos años y, en el caso de los árboles hembras, entre la intensidad de floración y producción en los dos años.

La secuencia de la entrada en floración de los árboles de las familias estudiadas se refle-

ja en el cuadro 6. También, como es lógico, se observan claras diferencias entre familias. Considerando la totalidad de los árboles, la primera floración se produjo en las siguientes edades: 4 años (0,5%), 5 años (5,1%), 6 años (32,2%), 7 años (30,6%), 8 años (21,2%) y más de 8 años (10,4%). Se observó que los machos tuvieron un período juvenil más corto que las hembras (cuadro 7).

Cuadro 7. Precocidad de la entrada en floración. Comparación por sexo (resumen de datos del cuadro 6)

Table 7. Flowering precocity. Comparison by sex (summary of table 6)

Parcela	Sexo Árboles	Número de años hasta la primera floración (% de la descendencia)				
		4 años	4-5 años	4-6 años	4-7 años	4-8 años
Parcela 1	Hembra	0,0	3,7	15,6	28,3	38,0
	Macho	2,2	10,4	33,5	46,2	50,7
Parcela 2	Hembra	0,0	1,5	15,2	28,8	40,1
	Macho	0,0	2,8	24,0	35,0	46,0
Parcela 3	Hembra	0,0	1,0	10,9	34,6	48,6
	Macho	0,8	3,9	20,4	39,2	46,8
Total	Hembra	0,0	1,6	13,9	30,7	42,7
	Macho	0,5	4,0	23,9	37,7	46,9

Conclusiones

Se han encontrado importantes y significativas diferencias entre familias de pistachero en relación con la intensidad de floración de los árboles jóvenes. Ha destacado el interés de 'Mateur' x 'C', 'Batoury' x 'C' y 'Larnaka' x 'B', mientras que las descendencias de 'Mateur' x 'Túnez' y 'Larnaka' x 'M-38' tuvieron una lenta entrada en floración. En relación con los genitores, sobresalieron 'C', 'Nazar', 'M-502' (machos) y 'Mateur' (hembra), mientras que 'M-36',

'M-38' y 'Túnez' (machos) no presentaron ningún interés.

En general, los árboles machos tuvieron un período juvenil más corto que las hembras.

Agradecimientos

Las actividades de investigación se han realizado en el marco de los proyectos INIA SC97-049 y RTA01-081: 'Mejora de variedades de almendro y pistachero'.

Bibliografía

- CHAO C.T., PARFITT D.E., FERGUSON L., KALLSEN C., MARANTO J., 1998. Breeding and genetics of pistachio: the California program. *Acta Hortic.* 470: 152-161.
- GÖKÇE M.H., AKÇAY M. (eds.), 1993. Antepfistigigesit katalogu (en turco, con descriptores en inglés), T.C. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı, Ankara, Turquía, 361 (20), 64 p.
- MAGGS D.H., 1973. Genetic resources in pistachio. *Plant Gen. Resour. Newsl.* 29: 7-15.
- MAGGS D.H., 1990. The Australian pistachio 'Sirora'. *Fruit Var. J.* 44 (4): 178-179.
- PARFITT D.E., 1995. Genetic improvement. En: Pistachio production. L. Ferguson (ed.), 47-53 pp. Ed. Univ. California, Dept. Pomology, Davis, California.
- PONTIKIS C.A., 1986. 'Pontikis' pistachio. *HortScience* 21 (4): 1074.
- SHEIBANI A., 1994. Pistachio production in Iran. Ed. Ministry of Agriculture, AREEO, Pistachio Research Institute, Irán. Publ. 73-245, 45 p.
- SPIEGEL-ROY P., ASAF R., GARM I., 1972. Essais d'acclimatation et de culture du pistachier (*Pistacia vera*) en Israël. *Fruits* 27 (9): 619-625.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., 1998a. Vigour and juvenile stage in pistachio progenies. *Options Méditerran.* 33: 105-111.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., 1998b. Vigour in pistachio progenies. *Acta Hortic.* 470: 162-167.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., BATLLE I., 1999a. Aspectos básicos del cultivo del pistachero: situación, problemática y perspectivas. *Frutic. Prof.* 104: 98-105.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., CLAVÉ J., BATLLE I., 1995a. First results of vigour and leafing in pistachio progenies. *Acta Hortic.* 419: 273-277.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., MONASTRA F., ROUSKAS D., MENDES GASPAR A., 1997. Sélection de variétés de pistachier adaptées à l'aire nord méditerranéenne. *Options Méditerr.* Ser. B 16: 93-119.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., PLANA J., ROVIRA M., BATLLE I., 1995b. Characterization and behaviour of pistachio cultivars in Catalonia (Spain). *Acta Hortic.* 419: 181-188.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., ROVIRA M., BATLLE I., 1996. Pistachio cultivar improvement at IRTA-Mas Bové. En: Proc. IX GREMPA Meeting-Pistachio. Sciacca (Agrigento), Italia. T. Caruso, E. Barone, y F. Sottile, (eds.), Renier Publ., Palermo, pp. 15-19.
- VARGAS F.J., ROMERO M.A., VARGAS I., 1999b. Blooming and leafing time in pistachio progenies. XI GREMPA Meeting, Sanliurfa, Turquía, 1999. Abstract Book: 5.
- WHITEHOUSE W. E., 1957. The pistachio nut: a new crop for the Western United States. *Econ. Bot.* 11 (4): 281-321.

SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DEL PISTACHERO (*Pistacia vera* L.) EN LA REGIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA

José F. Couceiro López, Julián Guerrero Villaseñor

Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Centro de Mejora Agraria El Chaparrillo, C. Alarcos 21, 13071 Ciudad Real, España

RESUMEN

Se revisan las actividades del cultivo y de la investigación del pistachero en la región de Castilla-La Mancha, así como de sus productores.

Palabras clave: Pistachero, Cultivo, Investigación.

SUMMARY

CURRENT SITUATION OF PISTACHIO (*Pistacia vera* L.) CULTIVATION IN THE CASTILLA-LA MANCHA REGION (SPAIN)

The pistachio growing activities in the Spanish region of Castilla-La Mancha are reviewed, as well as the activities of growers and researchers.

Key words: Pistachio, Growing, Research.

Introducción

El estudio de este cultivo se inicia en 1987 y desde entonces, hasta la fecha, se han ido superando obstáculos importantes tales como el injerto y el trasplante entre otros. Se ha constatado la perfecta adaptabilidad de esta especie a nuestra región, lo que motivó que la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha decidiese, a partir de 1996, llevar a cabo una divulgación sistemática del cultivo. Desde esa fecha, su interés ha ido en aumento habiéndose iniciado ya las primeras plantaciones privadas. Actualmente se ha iniciado un programa INIA cuyos objetivos son la obtención de clones autóctonos de *Pistacia terebinthus* L. de gran vigor y el establecimiento de tres colecciones con los mejores cultivares de pistachero sobre *P. terebinthus* y *P. atlantica*.

Resultados

En la actualidad se contabilizan unas 600 ha de superficie dedicada al cultivo del pistachero y de carácter privado. De éstas se hallan injertadas alrededor de 100 con injerto de dos años. Los datos disponibles indican que, en los próximos tres años, la cifra de superficie podría ampliarse a las 3.000 ha.

Características de una plantación privada tipo en Castilla-La Mancha:

Portainjerto: *Pistacia terebinthus* L.
Marco: 7 x 6 m
Cultivar hembra: Kerman
Cultivar macho: Peter
Superficie media: 5 ha
Edad media: 1-3 años de injerto

Parcelas experimentales

En las parcelas experimentales se han dado solución a numerosos problemas planteados y también han sido un buen escaparate de cara al agricultor. Se inician en 1988 contabilizándose en la actualidad más de 20 hectáreas.

Acontecimientos de interés

1. Constitución de la *Asociación de Productores del Pistacho de Castilla-La Mancha* el día 5 de agosto de 2000 en Tomelloso (Ciudad Real). Está compuesta de un total de 70 agricultores que ya han realizado plantación y entre sus objetivos podemos destacar:

- Adquisición de maquinaria
- Establecimiento de Centros de Recogida
- Apertura del mercado
- Venta del fruto

2. Aprobación de los estatutos y registro de la *Asociación* (D.O.C.M. nº 15 del 2 de febrero de 2001).

3. Primera reunión oficial de la *Asociación* (Tomelloso, 3/III/01).

Actividades del CMA

Se han atendido desde 1998 unas 2.000 consultas telefónicas y recibido más de 1.000 visitas entre agricultores, técnicos y empresarios, a los cuales se les proporcionó toda la información disponible, mostrándoles asimismo las parcelas experimentales.

También fue abordado el aspecto de *promoción del cultivo* envasando las producciones experimentales en bolsitas de yute y frascos de cristal resaltando las virtudes de este fruto seco. Se han confeccionado diferentes tipos de tarjetas y pegatinas en un intento de hacer, cada vez, más familiar el *Pistacho de Castilla-La Mancha*.

A principios del año 2000 concluyó la elaboración del libro: *El Cultivo del Pistachero*, aportación esencialmente práctica para el agricultor y viverista, especialmente de Castilla-La Mancha.

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2001 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) acordó en Asamblea General celebrada en mayo de 1983, instaurar un premio anual de Prensa Agraria, con el objetivo de hacer destacar aquel artículo de los publicados en ITEA que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo, y que refleje a juicio del jurado, el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario.

El día 9 de abril de 1987, la Junta Directiva de AIDA aceptando la propuesta del Jurado del Premio ITEA 1986 instituyó dos premios; uno para los artículos publicados en la sección de Producción Animal y otro para aquellos que aparezcan en la sección de Producción Vegetal.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2001. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 300 € cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.



CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2001-02-03

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	BIOINFORMÁTICA: UTILIZACIÓN DE BASES DE DATOS GENÉTICOS EN MEJORA VEGETAL	17-21 Sep. 01	Zaragoza	IAMZ
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	25 Sep. 01/ 16 Mayo 02	Córdoba	UCO/CAP-JA/ CSIC/INIA/COI/IAMZ
	VIVEROS Y PRODUCCIÓN DE PLANTA FORESTAL PARA CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	19-30 Nov. 01	Guadalajara	IAMZ/MIMAM-CNMF
	SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN EN AGRONOMÍA: MODELIZACIÓN	14-25 Ene. 02	Zaragoza	IAMZ
	AGRICULTURA DE REGADÍO SOSTENIBLE: GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE ZONAS SEMIÁRIDAS	11-22 Mar. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	ELECCIÓN DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE SECAÑO MEDITERRÁNEAS. CRITERIOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS	6-17 Abr. 02	Argel	IAMZ/ITGC/ ICARDA
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	10-14 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/OCDE
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
PRODUCCIÓN ANIMAL	*PRODUCCIÓN ANIMAL	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DEL DROMEDARIO	4-15 Mar. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	PRODUCCIÓN DE MOLUSCOS EN PAÍSES MEDITERRÁNEOS	27-31 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ/FAO
	*ACUICULTURA	7 Oct. 02/ 4 Abr. 03	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/ IAMZ
	BRUCELOSIS	16-20 Sep. 02	Pamplona	IAMZ/Univ. Navarra/ FAO/OIE/OMS-MZCP
	TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL: SISTEMAS Y TÉCNICAS	4-8 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE OVINOS Y CAPRINOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	9-20 Dic. 02	Túnez	IAMZ/INRAT
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJOS	13-24 Ene. 03	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	24-28 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE OVINO DE LECHE	7-11 Abr. 03	Valdepeñas/Ciudad Real	IAMZ/JCCM/ UCLM
	OPTIMIZACIÓN DEL USO DE VACUNAS Y MEDICAMENTOS EN ACUICULTURA MEDITERRÁNEA	12-16 Mayo 03	Izmir	IAMZ/FAO/ MARA
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	26-30 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

(*) Cursos de Especialización Postuniversitaria del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 02-03; 04-05; 06-07
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 01-02; 03-04; 05-06
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 01-02; 03-04; 05-06
- ACUICULTURA: 02-03; 04-05; 06-07
- ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 02-03; 04-05; 06-07
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 01-02; 03-04; 05-06

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	INCENDIOS FORESTALES: INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN	15-26 Oct. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO/ MIMAM-DGCN
	GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS PISCICOLAS EN AGUAS CONTINENTALES DE LOS PAÍSES MEDITERRÁNEOS	12-16 Nov. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO
	FUENTES ALTERNATIVAS DE AGUA PARA REGADÍO: CONDICIONANTES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES	10-14 Dic. 01	Zaragoza	IAMZ
	LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	19-23 Ene. 02	El Cairo	IAMZ/ARC-CLAC
	MEJORA DE HÁBITATS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS CINEGÉTICOS	18-23 Feb. 02	Zaragoza	IAMZ
	ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LOS RÍOS MEDITERRÁNEOS Y HERRAMIENTAS PARA SU GESTIÓN	8-19 Abr. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	GESTIÓN, RESTAURACIÓN Y APLICACIONES DE LOS HUMEDALES	13-24 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ
	ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
	DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LAS REGIONES AGRÍCOLAS MEDITERRÁNEAS: IMPACTO Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN	21 Oct./1 Nov. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II/ AECI
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	3-14 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA PESCA ARTESANAL EN EL MEDITERRANEO	9-13 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ/FAO-COPEMED
COMERCIALIZACIÓN	MARKETING AGROALIMENTARIO	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	14-18 Oct. 02	Rabat	COI/IAMZ/ MADREF
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL MARKETING INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	18-22 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ/OMC
	TRAZABILIDAD Y ETIQUETADO: RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS	17-21 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO: NORMATIVAS, DENOMINACIONES Y GESTIÓN	24-28 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	INNOVACIONES EN TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADOS AGROALIMENTARIOS	5-9 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal, Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2002. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y Elaiotecnía finaliza el 15 de Abril 2003. El plazo de inscripción para los cursos de Producción Animal y Marketing Agroalimentario finaliza el 15 de Mayo 2003.

Los **cursos de corta duración** están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Libano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de inscripción pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)

Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.chieam.org

www.iamz.chieam.org

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA. Apto. 727. 50080 Zaragoza.

El abajo firmante solicita su inscripción como miembro de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Apellidos Nombre

Dirección postal

Teléfono

Profesión..... Empresa de trabajo

Área en que desarrolla su actividad profesional

CUOTA ANUAL: _____ Firma: _____

☐ Sólo una Serie de [TEA] $\left\{ \begin{array}{l} \text{P. Animal} \\ \text{P. Vegetal} \end{array} \right\} \quad 24 \text{ €}$

■ Ambas Series 33 €

FORMA DE PAGO:

☐ Cargo a cuenta corriente o libreta ☐ Cargo a tarjeta
☐ Cheque bancario ☐ VISA
 Tarjeta número: ☐ MASTERCARD

Fecha de caducidad: / /

SR. DIRECTOR DE

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.º
que matengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la "Asociación
Interprofesional para el Desarrollo Agrario".

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS:

SUCURSAL:

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: N.º

CÓDIGO POSTAL:

POBLACIÓN:

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Tipo de artículos que pueden ser enviados para su consideración al Comité de Redacción: se admite todo aquel que contribuya al intercambio de información profesional y trate de los más recientes avances que existan en las distintas actividades agrarias.

Una *información para autores* más detallada puede ser solicitada al Comité de Redacción. Rogamos sea leída detenidamente, prestando atención especial a los siguientes puntos:

CONDICIONES GENERALES

Los artículos, en castellano, serán enviados por triplicado a:

Sr. Director de la Revista ITEA - Apartado 727 - 50080 ZARAGOZA

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

La extensión máxima será de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, cuadros y figuras incluidos. Los artículos que superen dicha extensión serán considerados sólo excepcionalmente.

Los artículos se remitirán a dos evaluadores anónimos expertos en el tema y el autor recibirá un informe del Comité de Redacción con las correcciones de dichos evaluadores. Una vez realizadas las correcciones, el autor enviará un sólo ejemplar mecanografiado y una copia en disquete, para agilizar el trabajo en imprenta. Si el Comité de Redacción considera que se han atendido las consideraciones del informe, enviará una carta de aceptación al remitente, y el artículo pasará de inmediato a imprenta.

Los autores recibirán un juego de las primeras pruebas de impresión que deberán ser revisadas y devueltas rápidamente a la Redacción. El retraso en el retorno de las pruebas determinará que el artículo sea publicado con las correcciones del Comité de Redacción.

El título no incluirá abreviaturas y será corto y preciso. En la misma página se incluirán los nombres completos de los autores, así como la dirección postal y nombre de la Entidad en donde se haya realizado el trabajo.

Se incluirá en primer lugar un resumen corto de 200-250 palabras y hasta seis palabras clave. Además, se añadirá un resumen en *inglés* de la misma extensión, sin olvidar el *título* traducido y las palabras clave (Keywords).

A continuación del resumen vendrá el artículo completo, procurando mantener una disposición lógica, considerando cuidadosamente la jerarquía de títulos, subtítulos y apartados.

Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben titularse todos *figuras*. Los *cuadros* y *figuras* deben llevar numeración diferente, pero ambos en cifras árabes.

Los pies o títulos de cuadros y figuras deben redactarse de modo que el sentido de éstos pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los títulos, pies y leyendas de los cuadros y figuras se traducirán al inglés y se incluirán en letra cursiva, bajo el correspondiente en español.

Los dibujos, gráficos, mapas, fotografías y diapositivas serán presentados en la mejor calidad posible.

En general se evitará el uso de abreviaturas poco conocidas, que en todo caso serán debidamente explicadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En el *texto* las referencias deben hacerse mediante el apellido de los autores en mayúsculas seguido del año de publicación, todo entre paréntesis.

Al final del trabajo, y precedida de la mención *Referencias Bibliográficas*, se hará constar una lista alfabética de todas (y únicamente) las referencias utilizadas en el texto. En el caso de incluir varios trabajos del mismo autor se ordenarán cronológicamente.

Cuando se citen revistas⁽¹⁾, libros⁽²⁾, capítulos de libro⁽³⁾ y comunicaciones a congresos⁽⁴⁾ se hará según los siguientes ejemplos:

- (1) HERRERO J., TABUENCA, M.C., 1966. Épocas de floración de variedades de hueso y pepita. An. Aula Dei, 8 (1), 154-167.
- (2) STELL, R.G.D., Y TORRIE, J.H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos (segunda edición) 622 pp. Ed. McGraw-Hill. México.
- (3) GAMBORG O.L., 1984. Plant cell cultures: nutrition and media, pp. 18-26. En: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. 1, I.K. Vasil (Ed.), 825 pp. Ed. Academic Press, Orlando (EEUU).
- (4) ANGEL I., 1972. The use of fasciculate form (determinate habit) in the breeding of new Hungarian pepper varieties. Third Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum, 17-24, Universidad de Turín (Italia).

ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

AÑO XXXII (2001), Vol. 97V N.º 3

ÍNDICE

	Página
ANTONIO J. FELIPE.- Una revisión sobre el material vegetal de almendro: la experiencia de una vida	151
ANGELO GODINI.- La fertilidad del almendro y el papel de la autocompatibilidad	166
N. KASKA.- El cultivo del pistachero en el área mediterránea	183
R. SOCIAS I COMPANY.- Mesa redonda	198
PEDRO CORTÉS.- Situación actual y perspectivas de la producción y el comercio de los frutos secos	205
JESÚS A. PEÑARANDA NÚÑEZ.- Descripción del sector de frutos secos en España y en particular del almendro	211
JORDI TORMO.- Perspectivas de la producción y del comercio de los frutos secos	213
R. SOCIAS I COMPANY.- Avances recientes en la autocompatibilidad del almendro	215
M. LÓPEZ, M. MNEJJA, M.A. ROMERO, F.J. VARGAS, I. BATLLE.- Diseño de cruzamientos en almendro para mejora por autocompatibilidad utilizando ribonucleasas estilares	226
F. DICIENTA, E. ORTEGA, P. MARTÍNEZ-GÓMEZ, R. BOŠKOVIĆ, K.R. TOBUTT.- Descendientes homocigóticos <i>versus</i> heterocigóticos autocompatibles en un programa de mejora genética de almendro	233
F.J. VARGAS, M.A. ROMERO, J. CLAVÉ, J. SANTOS, I. BATLLE, M. ROVIRA.- Cuajado en cruzamientos controlados de cultivares de almendro	238
M.T. ESPIAU, J.M. ANSÓN, R. SOCIAS I COMPANY.- El banco de germoplasma de almendro de Zaragoza	246
J.L. ESPADA CARBÓ, M.T. ESPIAU RAMÍREZ.- Producción de semilla y exportación de nitrógeno por los frutos de algunos cultivares españoles de almendro	251
F. DICIENTA, M. RUBIO, M. GAMBÍN, P. MARTÍNEZ-GÓMEZ.- Resistencia al virus de la sharka (<i>plum pox potyvirus</i>) en almendro	260
N. ARTEAGA, R. SOCIAS I COMPANY.- Heredabilidad de los caracteres de fruto y pepita en el almendro	265
A. ROMERO, J. TOUS, J. PLANA, M.D. GUARDIA, A. VALERO.- Cómo afecta la elección del cultivar de almendra a la aceptación de mazapanes y chocolates por parte de los consumidores	273
J. GÓMEZ APARISI, M. CARRERA, A.J. FELIPE, R. SOCIAS I COMPANY.- 'Garnem', 'Monegro' y 'Felinem': nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero resistentes a nematodos y de hoja roja para frutales de hueso	282
F. DICIENTA, J.A. CÁNOVAS, A. SOLER, V. BERENGUER.- Relación entre el sabor amargo de la almendra y la resistencia al gusano cabezudo (<i>Capnodis tenebrionis</i> L.)	289
O. ARQUERO, S. RODRÍGUEZ, B. CASADO, J. JIMÉNEZ, A. NAVARRO.- Estado actual del cultivo del almendro en Andalucía. Líneas de trabajo de la Dirección General de Investigación (Junta de Andalucía)	295
F.J. VARGAS, M.A. ROMERO, I. VARGAS.- Precocidad en la entrada en floración en familias de pistachero	301
JOSÉ F. COUCEIRO LÓPEZ, JULIÁN GUERRERO VILLASEÑOR.- Situación actual del cultivo del pistachero (<i>Pistacia vera</i> L.) en la región de Castilla-La Mancha	310