

Retos y perspectivas de los nuevos cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible

R. Socías i Company, J. Gómez Aparisi, J.M. Alonso, M.J. Rubio-Cabetas y O. Kodad

Unidad de Fruticultura, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)
Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España
rsocias@aragon.es

Resumen

El cultivo del almendro ha experimentado durante las últimas décadas unos cambios profundos en la región Mediterránea. Aunque en algunos países, como en Italia, la producción ha disminuido considerablemente, en otros, como en España, se ha producido una renovación del cultivo del almendro. En esta nueva situación, tanto los nuevos cultivares como los nuevos patrones son elementos esenciales para alcanzar el éxito.

En California 'Nonpareil' ha sido, y continúa siendo, el principal cultivar y las nuevas obtenciones sólo representan un porcentaje reducido de las nuevas plantaciones. En la región Mediterránea se produjo un cambio decisivo con la introducción de 'Ferragnès' por Charles Grasselly. En España, el cambio fue todavía más impresionante con la introducción de 'Guara' por Antonio J. Felipe. Actualmente los diferentes programas de mejora genética tienen como objetivo la obtención de cultivares de floración tardía y auto-compatibles, dos caracteres debidamente acompañados por la autogamia y la resistencia a las heladas tardías, aunque estos objetivos no siempre se consigan en su totalidad. La mayor parte de los nuevos cultivares proceden de los programas de mejora españoles del IRTA, el CEBAS y el CITA. En la región Mediterránea, sólo en Israel se ha registrado últimamente un nuevo cultivar.

En los patrones los cambios han sido también en la misma tendencia: reducidos en California y profundos en el área Mediterránea, en la que los híbridos almendro x melocotonero (o en sentido inverso) se han convertido en el patrón predominante, tanto en condiciones de secano como de regadío. El híbrido 'GF 677' ha sido el patrón más utilizado durante muchos años, pero en la actualidad hay una utilización mayor de las nuevas obtenciones, especialmente las españolas, como los híbridos de la Estación Experimental de Aula Dei y los de hoja roja resistentes a nematodos agalladores del CITA, que se han difundido más que las obtenciones de la italiana Universidad de Pisa. Con estos patrones se busca un cultivo más eficiente, una mayor adaptabilidad a distintos tipos de suelos y la resistencia a los nematodos.

Los nuevos cultivares y patrones pueden mejorar la producción del almendro si alcanzan a satisfacer las demandas de un cultivo moderno, como se discute en esta revisión.

Palabras clave: Mejora, *Prunus amygdalus*.

Summary

Challenges and perspectives of new almond cultivars and rootstocks for a sustainable production

Almond growing in the Mediterranean area has been enduring sharp changes in the last decades. Whereas in some countries, such as Italy, production has substantially decreased, in others, such as Spain, a renewal of almond growing is taking place. In such a situation, new cultivars and rootstock are essential tools to achieve success.

Whereas in California 'Nonpareil' has been, and continues to be, the essential cultivar, and the new releases represent only a small percentage of the new plantings, the Mediterranean area showed an impressive change with the introduction of 'Ferragnès' by Charles Grasselly. An even more important

change took place in Spain with the introduction of 'Guara' by Antonio J. Felipe. Now, the different breeding programmes aim at the release of late-blooming and self-compatible cultivars, two traits duly accompanied by autogamy and frost resistance, although these objectives not always are completely fulfilled. Most of the cultivars released lately are from Spanish breeding programmes, including those from IRTA, CEBAS, and CITA. In addition, lately only Israel has registered a new cultivar.

For rootstocks, the changes have been in the same frame: small in California and sharp in the Mediterranean, where almond x peach hybrids (or hybrids in the other sense) have become the dominant rootstock, both in irrigated and non-irrigated conditions. 'GF-677' has been the most utilized rootstock in the past years, with an increasing utilization of new releases, more for the Spanish rootstocks from Aula Dei and the red-leafed and root-knot nematode-resistant CITA rootstocks, than for the Italian ones from the University of Pisa, seeking better management, adaptability to different soil types and resistance to nematodes.

New cultivars and rootstocks may improve almond production if they fulfil the requirements of modern fruit growing, as discussed in this revision.

Key words: Breeding, *Prunus amygdalus*

Introducción

El almendro se cultiva en mayor o menor escala en todos los países de la cuenca mediterránea. Esta zona fue la tradicional de cultivo casi exclusiva del almendro hasta la expansión experimentada por las plantaciones californianas a finales del siglo XIX, tendencia que se fue incrementando a lo largo del siglo XX hasta representar un predominio mundial en la producción y el comercio de la almendra. En los países mediterráneos el cultivo se ha mantenido en sus aspectos más tradicionales y no ha evolucionado hasta finales del siglo XX, por lo que sus características le diferencian del tipo de cultivo desarrollado en California. El sistema de cultivo californiano es el que predominantemente se ha extendido a las plantaciones del hemisferio sur (Chile, Argentina, Sudáfrica y Australia), aunque en la mayoría de los casos esta introducción había sido a través de los españoles. En Australia, en particular, se considera que sus variedades autóctonas proceden de semillas españolas de almendro importadas por los primeros colonizadores en las escalas de sus buques hacia su destino, junto con otra producción típica de Australia, las ovejas merinas.

En la cuenca mediterránea, el primer país productor era Italia, seguido por España, pero esta situación ha cambiado drásticamente en la segunda mitad del siglo XX, de manera que en Italia el cultivo ha disminuido notablemente, mientras que en España se ha mantenido e incluso se ha incrementado, mejorando considerablemente el cultivo mediante nuevas variedades, nuevas técnicas de cultivo y nuevas organizaciones de productores. España ha sido el país de la Unión Europea donde más incidencia positiva ha tenido el plan de ayudas específicas a las Organizaciones de Productores de Frutos Secos durante los años 90, plan que sigue con una vigencia parcial. Ello ha permitido organizar el sector y mejorar la productividad de las plantaciones mediante técnicas más adecuadas. Se ha producido el injerto de viejas plantaciones con variedades mejor adaptadas y se han realizado nuevas plantaciones con un mejor diseño de plantación, un material vegetal mejorado y, en su caso, con riego.

En la tabla 1 se reflejan las producciones de los principales países productores. Estos datos son sólo orientativos porque las estadísticas más completas, las de la FAO, sólo contienen producciones de almendra en cáscara, y no se

Tabla 1. Producción mundial de almendra en los últimos años (tm en cáscara, página web de la FAO)
Table 1. World almond production in the last years (in-shell tm, FAO web page)

País	Año						Media	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005		2006
USA	533.000	609.178	800.051	786.262	785.462	715.623	715.623	706.457
España	225.217	254.600	279.396	214.448	86.622	217.869	220.000	214.021
Italia	104.755	104.000	104.891	91.382	105.245	118.344	112.796	105.916
Siria	62.288	49.487	139.010	130.000	119.865	119.648	119.648	105.706
Irán	89.637	97.144	107.000	38.231	69.989	108.677	108.677	88.479
Marruecos	65.044	81.820	82.400	70.808	60.200	70.629	83.000	73.414
Grecia	50.956	55.115	38.130	36.480	48.177	47.088	47.088	46.148
Túnez	60.000	32.000	18.500	40.000	44.000	57.000	50.000	43.071
Turquia	47.000	42.000	41.000	41.000	37.000	45.000	43.285	42.326
Líbano	24.700	23.900	23.000	27.400	27.500	28.300	28.300	26.157
Libia	26.000	26.000	26.000	26.000	25.000	24.345	24.345	25.384
Portugal	27.038	15.743	30.850	23.829	13.953	13.823	11.166	19.486
Australia	17.420	9.475	10.040	9.554	9.430	11.755	11.755	11.347
Chile	8.140	8.600	9.100	8.800	9.000	10.153	10.153	9.135
Israel	5.068	4.418	9.142	4.900	4.210	9.118	11.242	6.871
Francia	6.936	6.931	6.800	6.800	6.800	2.137	1.781	5.455
Jordania	1.658	1.005	2.484	2.118	2.094	2.391	3.144	2.128
Argentina	470	470	480	480	486	491	491	481
Resto	122.986	130.939	137.951	127.180	147.539	153.130	163.633	140.480
Total	1.478.313	1.552.825	1.866.225	1.685.672	1.602.572	1.755.521	1.766.127	1.672.465

pueden traducir en almendra en pepita debido a la gran diversidad de rendimientos en pepita de las distintas variedades. Así en California y en las regiones dependientes de su tecnología (Australia, Chile, Argentina...), donde las variedades son de cáscara blanda, el rendimiento en pepita es muy alto mientras que en los países mediterráneos, en los que predominan las variedades de cáscara dura, el rendimiento es menor. Por ello, la primera conclusión es la baja productividad de la mayoría de las plantaciones de estos últimos países.

En la tabla 2 se expone la producción española según sus distintas comunidades autónomas. La conclusión que puede deducirse de este cuadro, y que se puede aplicar a la mayoría de las regiones mediterráneas, es la gran oscilación de la producción que se observa de un año a otro. Esta oscilación, junto a la baja productividad, se debe fundamentalmente a las condiciones de cultivo del almendro en esta región, que se caracteriza por el desconocimiento del material vegetal, el cultivo mayoritariamente en secano, las heladas en muchas zonas, la edad de las plantaciones, la mala polinización y la falta de atenciones culturales,

tanto de abonado, poda, etc..., como de tratamientos fitosanitarios. Ello acentúa los ataques de las distintas plagas y enfermedades, debido a que en general el almendro se ha considerado como una especie apta para situaciones marginales. Actualmente en España hay una ligera tendencia a la mejora de la producción y a su desplazamiento hacia zonas más interiores, como indica la comparación de la producción media general de los 12 últimos años con la que considera sólo los últimos 5 (tabla 3).

Condiciones climáticas para el cultivo del almendro

Los requisitos climáticos del almendro son los propios del clima definido como Mediterráneo o Mediterráneo templado (Elías Castillo y Ruiz Beltrán, 1977; Kester y Asay, 1975), que se localiza en la cuenca Mediterránea, el Valle Central de California, el Oriente Próximo, Asia Central, algunas laderas del Himalaya y unas áreas equivalentes en el Hemisferio Sur, en Chile, Argentina, Sudáfrica y Australia. Este clima se caracteriza por una pluviometría muy reducida al

Tabla 2. Producción de almendra en pepita (tm) en las principales regiones productoras de España (CCAE)

Table 2. Almond kernel production (tm) in the main Spanish producing regions (CCAE)

Región	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Andalucía	12.000	9.532	7.300	10.500	7.350	2.100	12.000	14.600
Murcia	13.000	7.987	8.900	11.300	8.000	2.000	8.300	11.500
Valencia	7.305	7.679	8.000	11.200	4.500	1.600	6.400	8.900
Aragón	3.300	5.402	6.600	6.700	3.600	800	5.000	6.700
Cataluña	5.699	4.793	3.600	5.100	3.460	1.400	3.693	5.000
Castilla-La Mancha	2.574	1.466	3.600	5.000	1.680	1.284	3.245	4.500
Baleares	1.380	1.277	1.400	1.800	570	2.450	2.100	2.000
Otras	634	651	700	1.050	500	500	833	720
Total	45.892	38.787	40.100	52.650	29.660	12.134	41.571	54.100

Tabla 3. Producción media de almendra en pepita en las distintas regiones españolas en los últimos 12 o 5 años (CCAE)

Table 3. Average kernel almond production in the different Spanish producing regions during the last 12 or 5 years (CCAE)

Región	1994/2005	2001/2005
Andalucía	7.599	7.850
Murcia	7.274	7.700
Valencia	7.545	7.737
Aragón	6.954	6.340
Cataluña	4.181	3.451
Castilla-La Mancha	2.598	2.962
Baleares	1.802	1.664
Otras	728	717
Total	35.637	35.223

final del invierno, el verano y el principio del otoño, lo que interfiere mínimamente con dos operaciones de cultivo decisivas para el éxito del cultivo: la polinización y la recolección. Las lluvias durante el otoño complican las operaciones de la recolección y mojan los frutos, que así requieren un secado adicional, y las lluvias durante la floración reducen o anulan la actividad de las abejas necesarias para realizar la polinización de una especie que ha sido predominantemente auto-incompatible (Socías i Company, 1990). Como consecuencia de ello, en California se ha encontrado una correlación negativa significativa entre la cantidad de lluvia del mes de febrero (mes normal de la floración del cultivar 'Nonpareil' en California) con el volumen final de cosecha (Alston et al., 1995).

El almendro también está bien adaptado a las condiciones de inviernos suaves y veranos cálidos debido a sus bajas necesidades en frío invernal (Alonso et al., 2005), por lo que generalmente muestra una floración temprana y un rápido crecimiento inicial de los frutos y de los brotes, lo que permite una relativa tolerancia al calor y la sequía

del verano. El almendro ha sido la primera especie frutal en florecer, lo que ha limitado su cultivo a zonas con peligros reducidos de heladas, ya que las heladas de finales de invierno y principios de primavera pueden dañar, e incluso destruir completamente, la cosecha del almendro.

Ya se ha visto que la producción mundial es muy variable de año en año (tabla 1), a causa especialmente de las condiciones climáticas de cada año, lo que afecta a la eficacia de la polinización y a la incidencia de plagas y enfermedades. Así mismo, la cantidad de lluvia, especialmente en primavera, es fundamental para asegurar la cosecha en la mayoría de las plantaciones de secano.

Los nuevos cultivares y patrones de almendro deben tener en cuenta estos condicionantes para reducir su incidencia negativa en la producción del almendro. La parte comercial de la cosecha es una semilla, por lo que la partenocarpia no sería interesante en el almendro. Para ello se debe producir la fecundación del óvulo tras una polinización adecuada. Como consecuencia de este requisito, los programas de mejora han incidido en la obtención de cultivares auto-

compatibles. La floración tardía es también un carácter interesante para solventar los problemas de las heladas tardías, especialmente en las zonas interiores, con un clima más continental, hacia las que últimamente se está expandiendo el almendro. También hay que tener en cuenta que todo árbol frutal es un elemento complejo, con el cultivar y el patrón. Aunque tradicionalmente se ha prestado mayor interés a los cultivares, el patrón juega un papel tan importante como la parte aérea del árbol (Felipe y Socías i Company, 1989). Por ello ambas partes deben considerarse por separado y compatibilizarlas al plantear un sistema moderno y eficaz de cultivo del almendro.

Tendencias recientes

El cultivo del almendro ha experimentado unos cambios profundos en la zona Mediterránea durante las últimas décadas. En muchos países la producción ha disminuido substancialmente mientras que en otros se ha producido una renovación en el concepto del cultivo del almendro, enfocado como una actividad de producción frutal en la que se busca una rentabilidad adecuada. En esta

situación, los cultivares y patrones tradicionales se han ido substituyendo paulatinamente por nuevos materiales vegetales que permiten obtener un nivel adecuado de cosecha acorde con la necesidad de una producción comercial. Sin embargo, los cultivares y patrones tradicionales todavía se pueden encontrar en las plantaciones antiguas y los cultivares tradicionales más selectos se siguen plantando, como sucede con 'Marcona' y 'Desmayo Largueta' en muchas nuevas plantaciones de España donde cubren las expectativas del agricultor en zonas sin excesivos riesgos de heladas (tabla 4).

Cultivares

En California el cultivar tradicional 'Nonpareil' siempre ha sido, y continúa siendo, la base principal de la producción. Los nuevos cultivares sólo representan una fracción pequeña de las nuevas plantaciones, siendo a menudo sólo utilizados como polinizadores de 'Nonpareil'. En el área Mediterránea, sin embargo, se siguieron plantando los cultivares tradicionales hasta el final de los años 60. Entonces se empezaron a plantar los cultivares de floración tardía de la región italiana de la Apulia en los otros países, fundamental-

Tabla 4. Porcentaje de plantas de cada cultivar de almendro producidas por los viveros españoles. (página web del MAPA)

Table 4. Percentage of plants of each almond cultivar produced by the Spanish nurseries. (MAPA web page)

Cultivar	Porcentaje
Guara	53,11
Ferragnès	13,34
Ferraduel	10,45
Desmayo Largueta	5,89
Marcona	4,54
Tuono	1,93
Ramillete	1,92
Otros	8,82

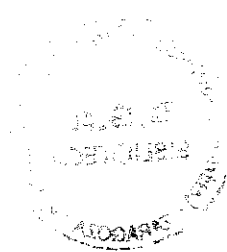
mente debido a su floración tardía, lo que les permitía asegurar unas cosechas más estables a pesar de las heladas. Ello coincidió con los trabajos pioneros de C. Grasselly en Francia y con la incorporación de A.J. Felipe a su infatigable labor en favor de la mejora del cultivo del almendro en España. De entre los almendros de la Apulia, los más extendidos fueron 'Tuono' y 'Cristomorto', aunque este último rápidamente perdió interés a causa de su elevada proporción de pepitas dobles y a su pronunciada tendencia a la vecería. Posteriormente alcanzaron una importante difusión las dos obtenciones del programa de mejora francés, registradas en 1967, 'Ferragnès' y 'Ferraduel' (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1980). 'Ferragnès' se convirtió en el cultivar más plantado en las nuevas plantaciones de toda la zona Mediterránea, a menudo con 'Ferraduel' como polinizador, debido a la auto-incompatibilidad de ambos cultivares. El predominio de 'Ferragnès' disminuyó considerablemente con la introducción de los nuevos cultivares auto-compatibles. Un ejemplo de este cambio determinante fue la introducción de 'Guara' en España por Antonio J. Felipe (Felipe y Socías i Company, 1987), el cultivar probablemente más plantado durante los últimos 20 años como se puede deducir de la proporción de plantas de cada cultivar producidas por los viveros españoles (tabla 4).

El programa de mejora genética francés fue el de mayor éxito en Europa durante muchos años, bajo la responsabilidad de C. Grasselly. Después de la introducción ya mencionada de 'Ferragnès' y 'Ferraduel' en 1967, una década más tarde se registraron dos cultivares más, 'Ferralise' y 'Ferrastar' (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1980), de floración más tardía, pero todavía auto-incompatibles. A pesar de su época de floración, nunca han alcanzado la popularidad de las dos obtenciones anteriores y sólo 'Ferralise' se ha utilizado en algunos programas de mejora, tanto

directamente como a través de algunas selecciones derivadas de sus cruzamientos.

En España hay tres programas activos de mejora que ya empezaron a registrar cultivares en los años 80 y 90. El primero en su actividad fue el del CRIDA-03 del INIA, posteriormente SIA de la DGA, hoy CITA de Aragón, en Zaragoza, que junto con 'Guara' introdujo otros dos cultivares, 'Aylés' y 'Moncayo' (Felipe y Socías i Company, 1987), con el mismo objetivo de obtener cultivares auto-compatibles y de floración tardía, aunque 'Moncayo', si bien se mostró auto-compatible en ensayos de laboratorio, presenta un genotipo auto-incompatible (Kodad et al., 2008). El segundo programa en iniciarse fue el del IRTA en Mas de Bover (Constantí, Tarragona), que basó sus objetivos prioritarios en la calidad física del fruto, la productividad y la floración tardía, mientras que la auto-compatibilidad fue un objetivo secundario. Los primeros cultivares registrados fueron 'Masbovera', 'Glorieta' y 'Francolí' (Vargas y Romero, 1994), habiendo sido 'Masbovera' la de mayor difusión de las tres, aunque posteriormente se ha descubierto que 'Francolí' es auto-compatible (López et al., 2005). El tercer programa es del CEBAS de Murcia (CSIC), con los mismos objetivos prioritarios de la auto-compatibilidad y la floración tardía y cuyas primeras obtenciones no se registraron hasta finales de los años 90 (Egea et al., 2000).

A pesar de la gran actividad de mejora registrada en muchos países en los años 80 y 90 (Kester y Gradziel, 1996; Socías i Company, 1990), actualmente parece que la actividad es mucho menor y no se conoce el registro de nuevas variedades, al menos de referencia internacional, por lo que su difusión, en todo caso, es muy reducida y a nivel local. Así, sólo en Israel parece que prosigue alguna actividad, mientras que en Italia y Túnez no se conoce el registro de ningún nuevo cultivar, a pesar de los programas activos en años anteriores. En Grecia, como



consecuencia de cruzamientos realizados hace años se ha registrado el cultivar 'Alcyon' (Stylianiadis, 2007), de cáscara blanda y tipo californiano, mientras que en Irán se está procediendo a la selección y mejora a partir de germoplasma autóctono (Behboudi, comunicación personal).

Patrones

Los cambios en la utilización de los patrones han seguido la misma tendencia que en los cultivares, ya que en California el patrón más utilizado sigue siendo el melocotonero franco, mientras que en la región Mediterránea el patrón tradicional, el almendro franco, está en proceso de regresión. En California el mayor cambio se debe a razones fitopatológicas, por la presencia de nematodos en los suelos predominantemente arenosos o sueltos de sus campos, por lo que el patrón más utilizado, el franco del melocotonero 'Lovell', ha cedido paso al franco del melocotonero 'Nemaguard', por su resistencia a los nematodos, con poca utilización de los híbridos clonales, ya que incluso se investiga la utilización de híbridos francos procedentes de la polinización interespecífica entre almendro y melocotonero (Ledbetter y Sisterson, 2008).

Debido a las condiciones de cultivo en secano de la mayoría de las plantaciones de almendro en la cuenca Mediterránea, los francos de almendro han sido los patrones habituales durante siglos a causa de su raíz pivotante, de mayor eficacia en la utilización de los escasos recursos de agua y nutrientes. Los francos utilizados hasta los años 50 del siglo pasado no se habían seleccionado y a menudo eran amargos. Posteriormente se fueron seleccionando algunos cultivares que producían francos de mayor homogeneidad (Felipe, 1989), o incluso con resistencia a nematodos (Kochba y Spiegel-Roy, 1976). A partir de los años 70 se produ-

jo un gran cambio con la introducción de los híbridos almendro x melocotonero, en principio seleccionados para su utilización en el melocotonero, pero que han mostrado un comportamiento excelente en el almendro, por lo que han desplazado la utilización de los francos de almendro. Su éxito es debido a su buen comportamiento, incluso en secano, gracias a su vigoroso sistema radicular, que compite favorablemente con las raíces de los francos de almendro, que pierden su potente raíz pivotante con el trasplante (Felipe, 2000; Kester y Grasselly, 1987). El híbrido 'GF-677' ha sido el patrón más utilizado en los años recientes, mientras que actualmente tiene lugar una utilización mayor de las nuevas obtenciones de los distintos programas de mejora.

Objetivos actuales

Un árbol de almendro es un conjunto genético formado por un cultivar injertado sobre un patrón. Ambos elementos son herramientas esenciales para alcanzar el éxito de la plantación, por lo que las dos partes se deben tener en cuenta a la hora de diseñarla. El éxito final de cualquier material genético depende no sólo de sus cualidades, como productividad, resistencia a factores adversos, calidad de fruto, presencia de caracteres deseables como la auto-compatibilidad, sino también de la ausencia de defectos importantes, tanto si se trata de cultivares (Socías i Company et al., 1998), como de patrones (Felipe et al., 1998). El fin último al plantear una plantación con estos materiales es su rendimiento económico permanente, considerando tanto el aumento de la producción y de los precios, mediante una mayor calidad, como una disminución de los costes de cultivo.

Unos niveles elevados de productividad, alcanzados por la incorporación tanto de la

auto-compatibilidad polen-estilo como por la capacidad de auto-polinización (autogamia) dentro de la flor, se han convertido en el objetivo prioritario de casi todos los programas de mejora actuales con el fin de minimizar los problemas asociados con la polinización cruzada (Socías i Company, 1990). A pesar de la detallada caracterización genética del gen de la auto-compatibilidad (Ortega et al., 2006), se ha observado a menudo una expresión variable de su capacidad de auto-polinización (Alonso y Socías i Company, 2005), por lo que se requiere una evaluación final de la productividad en campo con el fin de determinar realmente el valor de un cultivar (Kodad y Socías i Company, 2008; Socías i Company et al., 2004).

El objetivo de la floración tardía persigue la eliminación de los riesgos de las heladas de finales de invierno o principios de primavera, un peligro recurrente para la producción del almendro debido a su temprana época de floración, la primera de todas las especies frutales hasta la introducción de los nuevos cultivares de floración tardía y extra-tardía. Ello adquiere una importancia mayor en zonas interiores con un clima continental, por lo tanto con un mayor peligro de heladas, donde son cada vez más importantes las nuevas plantaciones. Junto con la floración tardía adquiere también importancia la selección para la resistencia a los daños por bajas temperaturas, ya que esta resistencia varía entre los distintos cultivares, aunque se encuentren en el mismo estado fenológico (Felipe, 1988).

Una determinada arquitectura del árbol, con un tipo de crecimiento con el que se consiga una renovación de la madera productiva pero que permita una reducción significativa de las necesidades de poda, es también un objetivo deseable en los nuevos cultivares (Socías i Company et al., 1998). Este tipo de crecimiento se caracteriza por el predominio de ramilletes de mayo, como

se encuentra en la mayoría de los cultivares de la región italiana de la Apulia y en sus descendientes (Grasselly, 1972). La presencia de muchos ramilletes de mayo es esencial para una elevada densidad floral (Kodad y Socías i Company, 2006), lo que resulta no sólo en un elevado potencial productivo sino también en la capacidad de compensar posiblemente los daños producidos por heladas ocasionales (Kodad y Socías i Company, 2008).

La época de maduración se ha convertido también en un carácter importante en el almendro, con el fin de adelantar la recolección. Con ese adelanto las condiciones atmosféricas son más favorables para las operaciones de cosecha y se consigue también una comercialización temprana. Además, también es deseable disponer de un grupo de cultivares de maduración escalonada con el fin de extender el período de recolección y conseguir que esta operación sea más eficiente y completa, con una utilización más rentable de la maquinaria.

La resistencia a plagas y enfermedades es también un objetivo importante desde un doble punto de vista: la reducción en el coste de los tratamientos fitosanitarios y la disminución del daño ambiental producido por estos tratamientos. Ello también puede permitir una producción ecológica más eficiente.

La definición de la calidad de cualquier producto presenta grandes dificultades debido a las grandes diferencias en las preferencias de los consumidores (Janick, 2005). A pesar de esta dificultad, la calidad de la almendra se ha convertido en un objetivo fundamental para la mejora del almendro (Socías i Company et al., 2008a). Para ello hay que considerar no sólo la composición química de la pepita, que puede estar ligada a una específica calidad organoléptica, sino también los caracteres físicos que pueden estar relacionados con la industria transformado-

ra, como sucede con la rotura de pepitas en el proceso del descascarado. Al mismo tiempo, el tipo de cáscara es determinante según la industria de cada región; así en California y otros países se prefiere una cáscara blanda mientras que en España, como en la mayoría de los países mediterráneos, se prefiere una cáscara dura sin doble capa (Socias i Company et al., 2007).

La composición química de la pepita representa un nuevo objetivo en la mejora genética del almendro, no sólo por los aspectos organolépticos de la calidad, sino también por los efectos beneficiosos del consumo de las almendras para la salud humana, considerando los compuestos anti-oxidantes presentes en las almendras, el contenido elevado en ácido oleico entre los diferentes ácidos grasos de su fracción lipídica, así como la cantidad de fibra. Aunque estos aspectos todavía no se han incluido totalmente en el diseño de los programas de mejora, sí se han tenido en cuenta en la evaluación de las nuevas selecciones (Socias i Company y Felipe, 2007) y están recibiendo una atención creciente no sólo entre los mejoradores del almendro, sino también entre los productores, las industrias y los consumidores (Socias i Company et al., 2008a).

En cuanto a los patrones para el almendro, la mayoría pueden compartirse con otros frutales de hueso, especialmente con el melocotonero, pero el almendro presenta unos condicionamientos propios diferentes de las otras especies. Así, los patrones enanizantes no son tan interesantes en el almendro como en el melocotonero. Igualmente la mayoría de patrones de tipo ciruelo, a causa de su tendencia a la reducción del tamaño del cultivar injertado, sólo son apropiados para su plantación en suelos pesados con problemas de asfixia o con una mayor presencia de enfermedades criptogámicas. Además, la utilización de los ciruelos presenta el problema añadido de la produc-

ción de sierpes y del desconocimiento de su compatibilidad de injerto con la mayoría de los cultivares, especialmente con los de reciente obtención.

Los híbridos almendro x melocotonero, especialmente los tipos clonales, de propagación vegetativa, se han convertido en los patrones más utilizados para el almendro, especialmente en Europa (Felipe et al., 1997). Los caracteres deseables en los nuevos patrones para el almendro son: facilidad de propagación vegetativa por estaquilla leñosa y/o por micro-propagación, facilidad de distinción del patrón del cultivar injertado (como por la presencia de hojas rojas) para identificar sin dificultad el fallo del injerto, la tolerancia a suelos calizos y pobres y un buen vigor (Felipe et al., 1998). Otros aspectos agronómicos, como la inducción del retraso de la floración en el cultivar injertado (Rubio-Cabetas et al., 2005) y una mayor tolerancia a los suelos pesados y al encharcamiento también están adquiriendo una especial importancia en la selección de nuevos patrones híbridos complejos (Xiloyannins et al., 2007).

Nuevos cultivares

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza

El programa de mejora del almendro del CITA de Aragón (previamente CRIDA-03 del INIA y SIA-DGA) se inició en los años 70 con la auto-compatibilidad y la floración tardía como objetivos prioritarios (Felipe y Socias i Company, 1985), descartándose la posibilidad de registrar cualquier nuevo cultivar que requiriera la polinización cruzada. Más adelante se ha considerado también imprescindible completar la auto-compatibilidad

con la autogamia, que consiste en la autopolinización natural de la flor (Socias i Company, 1996). Después de las primeras obtenciones, con 'Guara' como éxito comercial indudable, las siguientes obtenciones fueron 'Blanquerna', 'Cembra' y 'Felisia' (Socias i Company y Felipe, 1999), destacando la última por su floración muy tardía, con el fin de eliminar los riesgos de las heladas, al haber incorporado tanto el alelo cualitativo de floración tardía como genes modificadores del mismo (Socias i Company et al., 1999). Posteriormente, 'Belona' y 'Soleta' se registraron en 2006, debido a la excepcional calidad de sus pepitas, manteniendo el mismo objetivo de la autogamia (Socias i Company y Felipe, 2007). Finalmente, en 2008 se ha registrado 'Mardía' como un cultivar de floración extremadamente tardía (Socias i Company et al., 2008b).

'Blanquerna' procede de la polinización libre de 'Genco', siendo el primer cultivar auto-compatible registrado que no procede de 'Tuono'. Además de su auto-compatibilidad, destaca por su época de floración media, por lo que también se está utilizando como polinizador de 'Marcona'. Su porte es abierto, con un vigor y una ramificación intermedios y una elevada densidad floral. Su fruto destaca por su buen tamaño y su cáscara muy dura, con una época de maduración muy temprana. La pepita es grande y aplanada, de excelente calidad.

'Cembra', como otras obtenciones de diferentes programas de mejora, procede del cruzamiento 'Ferragnès' x 'Tuono'. Además de auto-compatible es de floración tardía, coincidente con la de sus dos parentales. Su porte es ligeramente abierto, con un vigor y una ramificación intermedios y una elevada densidad floral. El fruto es de cáscara dura, con una época de maduración media. Tanto el fruto como la pepita son muy similares a los de 'Ferragnès', pero sin su tendencia a la doble capa en la cáscara.

'Felisia' procede del cruzamiento 'Titan' x 'Tuono'. Además de auto-compatible, es de floración muy tardía, habiendo heredado el alelo de floración tardía de 'Tardy Nonpareil' por medio de 'Titan'. Su porte es abierto, con un vigor y una ramificación intermedios y una elevada densidad floral, especialmente sobre ramos de un año, en lugar de sobre ramilletes de mayo, como en la mayoría de obtenciones procedentes de cultivares de la Apulia. Se distingue por ausencia de vecería y una época de maduración de temprana a media. El fruto es de cáscara ligeramente blanda y de pequeño tamaño, con una pepita también de pequeño tamaño.

'Belona' procede del cruzamiento 'Blanquerna' x 'Belle d'Aurons', por lo no presenta a 'Tuono' en su genealogía. Es auto-compatible y de floración tardía, ligeramente anterior a 'Guara'. Su porte es semi-erecto, con un vigor y una ramificación intermedios y una elevada densidad floral. El fruto es de cáscara muy dura, con época de maduración media y una pepita redondeada que llena en gran medida el hueco de la cáscara. La pepita es grande, con una composición química relacionada con una excelente calidad (cantidad de grasa, de ácido oleico y de tocoferoles). Por su composición, forma y sabor puede ser un sustituto comercial de 'Marcona'.

'Soleta' procede del mismo cruzamiento que el anterior, 'Blanquerna' x 'Belle d'Aurons'. También es auto-compatible y de la misma época de floración. Su porte es semi-erecto, con un vigor y una ramificación intermedios y una elevada densidad floral. El fruto es de cáscara muy dura, con época de maduración de media a tardía y una pepita alargada que llena en gran medida el hueco de la cáscara. La pepita es grande, de muy buen sabor y una respuesta al tostado muy similar a la de 'Desmayo Largueta', ya que el tegumento se desprende muy fácilmente. Por ello, por su forma y sabor puede ser un sustituto comercial de 'Desmayo Largueta'.

'Mardía' se ha obtenido en el cruzamiento 'Felisia' x 'Bertina'. Es auto-compatible y de floración extremadamente tardía, unos 20 días de media posterior a 'Guara', con el mismo alelo de floración tardía que su progenitor 'Felisia'. Su porte es semi-erecto y vigoroso, con una ramificación intermedia y una elevada densidad floral. El fruto es de cáscara dura, con época de maduración de media a tardía y una pepita acorazonada de elevada calidad. Su comportamiento en campo muestra una buena tolerancia a las enfermedades y a la sequía.

Centre Mas de Bover (IRTA), Constantí (Tarragona)

Este programa de mejora también tuvo su origen en los años 70, adoptando como objetivos prioritarios la calidad física del fruto, la productividad y la floración tardía. Después de las obtenciones ya indicadas, muy recientemente se han registrado cuatro nuevos cultivares, en los cuales ya se ha incorporado como objetivo la auto-compatibilidad, aunque uno de ellos todavía es auto-incompatible (Vargas et al., 2008). En general su entrada en producción es precoz y su producción es preferentemente sobre ramilletes de mayo.

'Constantí' procede de la polinización libre de una selección obtenida en el cruzamiento 'Ferragnès' x 'Ferraduel'. Es auto-compatible, por lo que el desconocido parental masculino también debe serlo, y de floración tardía. Su porte es semi-erecto y vigoroso con una ramificación intermedia. Su cáscara es dura y la pepita es grande, con época de maduración intermedia. Se considera tolerante a la sequía.

'Marinada' se obtuvo del cruzamiento 'Lauranne' x 'Glorieta'. Es auto-compatible y de floración muy tardía. Su porte es semi-erecto, con un vigor y una ramificación intermedios. La cáscara es dura y la pepita es de tamaño medio, con una época de maduración media.

'Tarraco' procede del cruzamiento entre una selección obtenida en la familia 'Ferralise' x 'Tuono' con 'Anxaneta'. Es auto-incompatible y de floración muy tardía. Su porte es semi-erecto, con un vigor y una ramificación intermedios. La cáscara es dura, con una pepita grande y época de maduración media. Se considera tolerante a enfermedades criptogámicas.

'Vairo' (sinónimo 'Vayro') procede del cruzamiento entre una selección obtenida en la familia 'Primorskij' x 'Cristomorto' con 'Lauranne'. Es auto-compatible y de floración tardía. Su porte es erecto, con un buen vigor y una ramificación intermedia. La cáscara es dura, con una pepita grande y época de maduración temprana.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS, CSIC), Murcia

Este programa se inició en los años 80 por J.E. García, con la auto-compatibilidad y la floración tardía como objetivos prioritarios, así como su adaptación a las condiciones de cultivo del sureste español. Aparte de la primera obtenciones de los años 90 (Egea et al., 2000), recientemente se han registrado dos cultivares más, 'Penta' y 'Tardona', que se distinguen por su época de floración extremadamente tardía (Dicenta et al., 2007).

'Antoñeta' procede del cruzamiento 'Ferragnès' x 'Tuono'. Es auto-compatible y de floración tardía. Su hábito de crecimiento es abierto y vigoroso, con una ramificación muy densa. La cáscara es dura, con una pepita grande y época de maduración de media a tardía.

'Marta' procede del mismo cruzamiento que el anterior, 'Ferragnès' x 'Tuono'. Es auto-compatible y de floración tardía. Su porte es erecto y muy vigoroso, con una ramificación intermedia. La cáscara es dura, con una pepita grande y una época de maduración media.

'Penta' procede del cruzamiento entre una selección del mismo programa de mejora del CEBAS, auto-incompatible y de floración tardía, S5133 x 'Lauranne'. Es auto-compatibile y de floración extremadamente tardía. Su porte es intermedio, así como su vigor y su ramificación. Su cáscara es dura, con una pepita de tamaño medio, de maduración muy temprana.

'Tardona' procede del cruzamiento entre la misma selección S5133 por la selección R1000 ('Tardy Nonparel' x 'Tuono'), procedente del programa francés de C. Grasselly. Es auto-compatible y de floración extremadamente tardía. Su porte y su vigor son intermedios, pero la ramificación es densa. La cáscara es dura, con una pepita pequeña de maduración intermedia.

INRA, Avignon, Francia

Después de la obtención de los primeros cultivares auto-incompatibles, este programa, actualmente inactivo, dirigió sus objetivos hacia la incorporación de la auto-compatibilidad, con algunas selecciones que se han utilizado en otros programas de mejora, como en el del IRTA de Mas de Bover y en el del CEBAS de Murcia. En 1989 se registraron dos cultivares auto-compatibles, 'Lauranne' y 'Steliette' (Grasselly et al., 1992), habiendo alcanzado 'Lauranne' cierta difusión en las escasas nuevas plantaciones francesas (Duval y Grasselly, 1994). Como consecuencia de la evaluación de las plantas de cruzamientos previos, posteriormente se registró 'Mandaline' (Duval, 1999).

'Lauranne' se obtuvo, como otros cultivares ya indicados, del cruzamiento 'Ferragnès' x 'Tuono'. Es auto-compatible y de floración tardía. Su porte es abierto, con un vigor y una ramificación intermedios. La cáscara es semi-dura con una pepita de tamaño intermedio y una maduración de temprana a media.

'Steliette' procede del mismo cruzamiento 'Ferragnès' x 'Tuono'. Es auto-compatible y de floración tardía. Su porte es semi-erecto, con un vigor intermedio y una ramificación escasa. La cáscara es semi-dura con una pepita de tamaño intermedio, con la presencia de algunas pepitas dobles. La maduración es temprana.

'Mandaline' procede del cruzamiento 'Ferralise' x 'Tuono'. Es auto-compatible y de floración tardía. Su porte es erecto, con un vigor y una ramificación intermedios. La cáscara es dura, con una pepita de tamaño medio. La maduración es intermedia.

Agricultural Research Organization, Ramat Yishay y Bet Dagan, Israel

El programa israelita es el único que ha mostrado alguna actividad en los últimos años, aunque la difusión de sus resultados ha sido a escala local. Su única obtención reciente es 'Shefa' (Holland et al., 2006), que a pesar de sus parentales es auto-incompatible y ha sido seleccionada especialmente por su pepita de gran tamaño.

'Shefa' procede del cruzamiento 'Tuono' x '73' (una selección del propio programa de mejora). Es auto-incompatible y de floración temprana, adaptado a las condiciones locales de cultivo, con una buena productividad y una entrada en producción precoz. Es vigoroso, con cáscara blanda y una pepita de gran tamaño y maduración temprana.

Nuevos patrones

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza

El resultado más importante de este programa de mejora de patrones ha procedido del

éxito del cruzamiento del almendro 'Garfi' con el melocotonero 'Nemared' realizado por Antonio J. Felipe en 1984. A pesar de la dificultad general del almendro para su propagación vegetativa (Felipe, 1984), 'Garfi' se seleccionó por su buena capacidad de propagación por estaquilla leñosa, una característica que también se transmite a su descendencia (Felipe, 1992). 'Nemared' (Ramming y Tanner, 1983) se seleccionó como parental por su resistencia a todas las especies de nematodos agalladores presentes en el área mediterránea (Rubio-Cabetas et al., 2000) y el color rojo de su follaje. De este cruzamiento se seleccionaron varios clones entre los que se encuentran 'Felinem', 'Garnem' y 'Monegro', que se distinguen por las buenas características de ambos parentales y que se presentaron a registro en 1997 (Felipe, 2009; Felipe et al., 1997, Gómez Aparisi et al., 2002).

'Felinem' procede del cruzamiento almendro 'Garfi' x melocotonero 'Nemared'. Es de hoja roja, con un número reducido de anticipados, lo que facilita la producción de estaquillas y el injerto en vivero, que además presenta un muy buen prendimiento. Es de fácil propagación por estaquilla leñosa, pronta entrada en vegetación y muy vigoroso. Resistente a la sequía, a nematodos *Meloidogyne* y algo tolerante a *Pratylenchus*, así como a los problemas de replantación. Su nivel de resistencia a clorosis es muy cercano al de 'GF-677'. Adecuado para replantación de parcelas que han estado plantadas anteriormente con melocotonero. Patrón utilizable especialmente para almendro en secano, también para melocotonero y ciruelo japonés en regadío, mostrando buena compatibilidad general con las variedades de estas especies (Felipe, comunicación personal).

'Garnem' procede del cruzamiento almendro 'Garfi' x melocotonero 'Nemared'. Es de hoja roja, con un número reducido de anticipados, lo que facilita la producción de

estaquillas y el injerto en vivero, que además presenta un muy buen prendimiento. Es de fácil propagación por estaquilla leñosa, produciendo plantas muy vigorosas. Resistente a nematodos *Meloidogyne* y a los problemas de replantación. Su nivel de resistencia a clorosis es elevado, muy cercano al de 'GF-677'. Su resistencia a la sequía es buena, por lo que se recomienda para situaciones con dotaciones de agua ajustadas. Patrón utilizable para almendro, melocotonero y ciruelo japonés, mostrando buena compatibilidad general con las variedades de estas especies. Ha mostrado muy buen comportamiento con almendro, tanto en regadío como en secano (Felipe, comunicación personal).

'Monegro' procede del cruzamiento almendro 'Garfi' x melocotonero 'Nemared'. Es de hoja roja, con un número reducido de anticipados, lo que facilita la producción de estaquillas y el injerto en vivero, fácil propagación por estaquilla leñosa. Es un patrón muy resistente a la sequía, por lo que está muy adaptado al cultivo del almendro en secano. Resistente también a los nematodos *Meloidogyne* y a los problemas de replantación. Su nivel de resistencia a clorosis es muy cercano al de 'GF-677'.

Estación Experimental de Aula Dei (EEAD, CSIC), Zaragoza

El programa de selección de híbridos almendro x melocotonero en Aula Dei se inició en 1970 por R. Cambra, quien les aplicó el curioso nombre de "gilmendros" (Cambra, 1979). Todas las obtenciones proceden de estas prospecciones naturales iniciales, no de cruzamientos controlados, y en general están más adaptadas al melocotonero que al almendro (Moreno, 2004).

'Adafuel' (Cambra, 1990) es un híbrido natural (probablemente de una semilla de 'Marcona' polinizada por un melocotonero de

carne dura), de fácil propagación vegetativa, muy vigoroso, adaptado a suelos pobres y calizos, pero susceptible a nematodos.

'Adarcias' (Moreno y Cambra, 1994) es un híbrido natural de origen desconocido, de fácil propagación vegetativa, vigor reducido, adaptado a suelos calizos, pero fértiles, por lo que su interés para el almendro es menor que para el melocotonero. Igualmente es susceptible a nematodos.

Universidad de Pisa, Italia

El programa desarrollado en esta Universidad persigue especialmente la obtención de patrones para el melocotonero, aunque también se puedan utilizar para el almendro, teniendo en cuenta las peculiaridades propias de cada especie. De este programa procede el híbrido 'Sirio' (Loreti y Massai, 1998), así como la serie de patrones ISG, que deriva principalmente del mirobolán, por lo que su interés para el almendro probablemente es reducido (Cinelli y Loreti, 2004), además que puedan presentar, como los mirobolanes en general, problemas de compatibilidad al injerto con cultivares de almendro, lo que requeriría un ensayo previo de compatibilidad con los cultivares a plantar antes de su utilización.

'Sirio' procede de la polinización libre del patrón híbrido melocotonero x almendro 'INRA GF 557' (híbrido espontáneo procedente de un vivero de 'Shalil'). Su propagación vegetativa es difícil aunque se señala que posee un buen sistema radicular. Induce un vigor reducido y requiere unas buenas condiciones de cultivo, por lo que su utilidad para el almendro es cuestionable.

Conclusión

Durante los últimos años, y especialmente en España, ha habido una importante acti-

vidad de mejora para la obtención de nuevos cultivares y patrones de almendro, debiendo vencer a menudo los problemas de escasez de fondos para la investigación a largo plazo y de la falta de reconocimiento académico para este tipo de trabajo (Cooper et al., 1998). La incidencia de estas nuevas obtenciones en las nuevas plantaciones ha sido desigual, ya que hay que tener en cuenta que la evolución de los cambios en la utilización del material vegetal en los frutales es más lento que en las plantas anuales. A ello se añade la situación propia del almendro, que a menudo ha sido un cultivo marginal, y que además presenta un período productivo de la plantación más largo que en otras especies. Sin embargo, no cabe duda que la presencia de 'Guara' en las nuevas plantaciones españolas de los últimos 20 años, así como la de 'Lauranne' en las pocas nuevas plantaciones francesas, ha representado un éxito de muy difícil superación en cualquier otro cultivo agrícola, así como un índice de la necesidad de este tipo de cultivares auto-compatibles, a pesar de que puedan presentar alguna deficiencia.

Los nuevos materiales, sin embargo, sólo mostrarán su capacidad de mejora del cultivo del almendro si cumplen con los requisitos de una fruticultura moderna y reciben los cuidados culturales oportunos. Todo ello es esencial para obtener la máxima rentabilidad de estos nuevos materiales, que deben ofrecerse con las máximas garantías de una experimentación previa y objetiva, ya que también se ofrecen materiales, a menudo por interés comercial, que no han cubierto todas sus fases previas de estudio. A pesar de todo, un éxito como el de 'Guara' muestra que existe la posibilidad de mejorar todavía más el cultivo del almendro mediante la utilización de los materiales idóneos.

Agradecimientos

Esta revisión se ha realizado en el marco del proyecto AGL2007-65853-C02-02 de la CICYT (Mejora genética del almendro) y de la actividad del Grupo Consolidado de Investigación A12 de Aragón (Adaptación y mejora del material vegetal para una fruticultura sostenible). Los autores quieren rendir un homenaje especial al Dr. Antonio J. Felipe, quien inició los trabajos de investigación en el almendro en España y cuyo aporte al desarrollo de nuevos materiales vegetales, tanto de cultivares como de patrones, ha sido fundamental para la mejora del cultivo del almendro.

Bibliografía

- Alonso JM, Socias i Company R, 2005. Self-incompatibility expression in self-compatible almond genotypes may be due to inbreeding. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130: 865-869.
- Alston J, Carman H, Christian JE, Doreman J, Murua JR, Sexton R, 1995. Optimal reserve and export policies for the California almond industry: theory, econometrics and simulation. Univ. California, Giannini Foundation Monograph 42, 130 pp.
- Cambra R, 1979. Selección de híbridos espontáneos de almendro x melocotonero. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 34: 49-55.
- Cambra R, 1990. 'Adafuel', an almond x peach hybrid rootstock. *HortScience* 25: 584.
- Cinelli F, Loreti F, 2004. Evaluation of some plum rootstocks in relation to lime-induced chlorosis by hydroponic culture. *Acta Hort.* 658: 421-427.
- Cooper HD, Spillane C, Kermali I, Anishetty NM, 1998. Harnessing plant genetic resources for sustainable agriculture. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 114: 1-8.
- Dicenta F, Ortega E, Martínez-Gómez P, Sánchez-Pérez R, Gambín M, Egea J, 2007. Penta and Tardona: two new extra-late flowering self-compatible almond cultivars. XII Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics. Zaragoza, 16-20 September 2007.
- Duval H, 1999. 'Mandaline', a new French almond variety. *Nucis* 8: 36.
- Duval H, Grasselly C, 1994. Behaviour of some self-fertile almond selections in the southeast of France. *Acta Hort.* 373: 69-74.
- Egea J, Dicenta F, Berenguer T, García JE, 2000. 'Antoñeta' and 'Marta' almonds. *HortScience* 35: 1358-1359.
- Elías Castillo F, Ruiz Beltrán L, 1997. Agroclimatología de España. Cuaderno INIA 7, 297 pp.
- Felipe AJ, 1984. Enracinement de l'amandier par bouturage ligneux. *Options Méditerran. CIHEM/IAMZ 84/II*: 97-100.
- Felipe AJ, 1988. Observaciones sobre comportamiento frente a heladas tardías en almendro. *Rap. EUR 11557*: 123-130.
- Felipe AJ, 1989. Rootstocks for almond. Present situation. *Options Méditerran. Ser. A 5*: 13-17.
- Felipe AJ, 1992. Aptitude pour la propagation chez l'amandier 'Garrigues' et sa descendance. *Rap. EUR 14081*: 73-79.
- Felipe AJ, 2000. El almendro: El material vegetal. *Integrum, Lérida*.
- Felipe AJ, 2009. 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' almond x peach hybrid rootstocks. *HortScience* 44 (en prensa).
- Felipe AJ, Socias i Company R, 1985. L'amélioration génétique de l'amandier à Saragosse. *Options Méditerran. CIHEAM/IAMZ 85/I*: 9-14.
- Felipe AJ, Socias i Company R, 1987. 'Aylés', 'Guara', and 'Moncayo' almonds. *HortScience* 22: 961-962.
- Felipe AJ, Socias i Company R, (eds) 1989. Séminaire du GREMPA sur les porte-greffes de l'amandier. *Options Méditerran. Ser. A 5*, 75 pp.
- Felipe AJ, Gómez-Aparisi J, Socias i Company R, Carrera M, 1997. The almond x peach hybrid rootstock breeding program at Zaragoza (Spain). *Acta Hort.* 451: 259-262.
- Felipe AJ, Socias i Company R, Gómez Aparisi J, 1998. The almond rootstock ideotype. *Acta Hort.* 470: 181-187.
- Gómez Aparisi J, Carrera M, Felipe AJ, Socias i Company R, 2002. 'Garnem', 'Monegro' y 'Felinem': nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero resistentes a nematodos y de hoja roja para frutales de hueso. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 97V: 282-288.
- Grasselly C, 1972. L'amandier: caractères morphologiques et physiologiques des variétés, modalité de leurs transmissions chez les hybrides de première génération. Tesis Doctoral, Univ. Bordeaux, Francia.
- Grasselly C, Crossa-Raynaud P, 1980. L'amandier. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, XII + 446 pp.
- 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.
- Holland D, Bar-Ya'akov I, Hatib K, Albert T, Mani Y, Spiegel-Roy P, 2006. 'Shefa' almond. *HortScience* 41: 1502-1503.
- Janick J, 2005. Breeding intractable traits in fruit crops: dream the impossible dream. *Introduction. HortScience* 40: 1944.
- Kester DE, Asay R, 1975. Almonds. En: *Advances in fruit breeding*. J Janick y JN Moore (eds.). Purdue Univ. Press, West Lafayette, IN, USA. pp. 387-419.
- Kester DE, Gradziel TM, 1996. Almonds. En: *Fruit breeding*, vol 3. J Janick y JN Moore (eds.). John Wiley & Sons, New York, USA. pp. 1-97.
- Kester DE, Grasselly C, 1987. Almond rootstocks. En: *Rootstocks for fruit crops*. RC Rom y RF Carlson (eds.). John Wiley & Sons, New York, USA. pp. 265-293.
- Kochba J, Spiegel-Roy P, 1976. Alnem 1, Alnem 88, Alnem 201: nematode resistant rootstock seed sources. *HortScience* 11: 270.
- Kodad O, Socias i Company R, 2006. Influence of genotype, year and type of fruiting branches on the productive behaviour of almond. *Scientia Hort.* 109: 297-302.
- Kodad O, Socias i Company R, 2008. Significance of flower bud density for cultivar evaluation in almond. *HortScience* 43: 1753-1758.
- Kodad O, Alonso JM, Sánchez A, Oliveira MM, Socias i Company R, 2008. Evaluation of genetic diversity of S-alleles in an almond germplasm collection. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 83: 603-608.
- Ledbetter CA, Sisterson MS, 2008. The development of seed-propagated peach-almond hybrids for use as almond rootstocks. XIV GREMPA Meeting, 30 March-2 April 2008, Atenas, Grecia.
- López M, Romero MA, Vargas FJ, Batlle I. 2005. 'Francolí', a late flowering almond cultivar reclassified as self-compatible. *Plant Breed.* 124: 502-506.
- Loreti F, Massai R, 1998. Sirio: new peach x almond hybrid rootstock for peach. *Acta Hort.* 465: 229-236.
- Moreno MA, 2004. Breeding and selection of *Prunus* rootstocks at the Aula Dei Experimental Station, Zaragoza, Spain. *Acta Hort.* 658: 519-528.
- Moreno MA, Cambra R, 1996. 'Adarcias', an almond x peach hybrid rootstock. *HortScience* 29: 925.
- Ortega E, Bošković R, Sargent DJ, Tobutt KR, 2006. Analysis of S-RNase alleles of almond (*Prunus dulcis*): characterization of new sequences, resolution of new synonyms and evidence of intragenic recombination. *Mol. Genet. Genomics* 276: 413-426.
- Rubio-Cabetas MJ, Lecouls AC, Esmenjaud D, Salesses G, 2000. Genetic control for resistance to root-knot nematodes in *Prunus* rootstocks. *Acta Hort.* 522: 155-164.
- Rubio-Cabetas MJ, Gómez Aparisi J, Xiloyannis C, Dichio B, Tuzio AC, Kleinhentz M, Esmenjaud D, 2005. Valoración de nuevas selecciones de portainjertos de melocotonero resistentes a los nematodos agalladores. *Frutic. Prof.* 152: 53-58.

- Socias i Company R, 1990. Breeding self-compatible almonds. *Plant Breed. Rev.* 8: 313-338.
- Socias i Company R, 1996. L'autogamia nel miglioramento genetico del mandorlo. *Frutticoltura* 48 (12): 67-70.
- Socias i Company R, Felipe AJ, 1999. 'Blanquer-na', 'Cambra' y 'Felisia': tres nuevos cultivares autógamos de almendro. *Inf. Técn. Econ. Agrar.* 95V: 111-117.
- Socias i Company R, Felipe AJ, 2007. 'Belona' and 'Soleta' almonds. *HortScience* 42: 704-706.
- Socias i Company R, Felipe AJ, Gómez Aparisi J, García JE, Dicenta F, 1998. The ideotype concept in almond. *Acta Hort.* 470: 51-56.
- Socias i Company R, Felipe AJ, Gómez Aparisi J, 1999. A major gene for flowering time in almond. *Plant Breed.* 118: 443-448.
- Socias i Company R, Alonso JM, Gómez Aparisi J, 2004. Fruit set and productivity in almond as related to self-compatibility, flower morphology and bud density. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79: 754-758.
- Socias i Company R, Alonso JM, Kodad O, 2007. Fruit quality in almond: physical aspects for breeding strategies. XII Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics. Zaragoza, 16-20 September 2007.
- Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM Gradziel TM, 2008a. Almond quality: a breeding perspective. *Hort. Rev.* 34: 197-238.
- Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM, Felipe AJ, 2008b. 'Mardía' almond. *HortScience* 43 (2240-2242).
- Stylianidis DK, 2007. Alcyon: soft shell almond created by breeding of Nonpareil and Texas cultivars. (en griego). *Ekdosis Georgiki Tekhnologia* 2: 40-42.
- Vargas FJ, Romero M, 1994. 'Masbovera', 'Glorieta' and 'Francolí', three new almond varieties from IRTA. *Acta Hort.* 373: 75-82
- Vargas F, Romero M, Clavé J, Vergés J, Santos J, Batlle I, 2008. 'Vayro', 'Marinada', 'Constantí', and 'Tarraco' almonds. *HortScience* 43: 535-537.
- Xiloyannis C, Dichio B, Tuzio AC, Kleinhentz M, Salesses G, Gómez-Aparisi J, Rubio-Cabetas MJ, Esmenjaud D, 2007. Characterization and selection of *Prunus* rootstocks resistant to abiotic stresses: waterlogging, drought and iron chlorosis. *Acta Hort.* 732: 247-251.

(Aceptado para publicación el 16 de diciembre de 2008)