



El panorama varietal y los nuevos patrones Análisis de la situación actual

Pablo Aleza y María Ángeles Forner Giner
Centro de Citricultura y Producción Vegetal (IVIA)

Ángel del Pino
ANECOOP S. Coop.

1. Patrones presentes en la citricultura española

La utilización de patrones es preceptiva en los cítricos que se producen en España, ya que todas las variedades cultivadas, ya sean naranjas, mandarinas, limones o pomelos, son muy sensibles a hongos del género *Phytophthora*, que se encuentran presentes en casi todos los suelos.

Durante muchas décadas, el patrón naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.) fue el estándar utilizado en todas las plantaciones de cítricos de los países mediterráneos. Sin embargo, a partir de 1957, la aparición del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) obligó a la reconversión de la totalidad de nuestra citricultura sobre patrones tolerantes a la enfermedad.

Los principales problemas que se presentan en la citricultura española, además del virus de la tristeza, son: la clorosis férrica inducida en suelos calizos, la salinidad, la asfixia radical provocada por inundaciones o por una capa freática alta, la escasez de agua, los decaimientos y muerte de árboles ocasionados por hongos, principalmente del género *Phytophthora*, y los daños en las replantaciones producidos por el nematodo de los cítricos.

Los viveros autorizados de cítricos comenzaron a vender plantas de patrones tolerantes al virus de la tristeza en 1972, pero ninguno de ellos se ha adaptado totalmente a las distintas condiciones ecológicas españolas. Actualmente, el citrange Carrizo es el patrón más utilizado para naranjos, mandarinos y pomelos, aunque también se emplean otros como el mandarino Cleopatra, el *Citrus volkameriana*, el *Citrus macrophylla*, el citrange C-35 y el citrumelo Swingle (Tabla 1). Sin embargo, el comportamiento agronómico de dichos patrones presenta determinadas sensibilidades específicas. Este hecho, unido en muchos casos a su utilización incorrecta, ocasionan la aparición de múltiples problemas en campo.



Por otro lado, puesto que los mercados son cada vez más exigentes respecto a las variedades que el consumidor requiere, los patrones pueden utilizarse para ampliar el periodo de recolección de las variedades, adelantar la maduración o mantener la fruta en el árbol el mayor tiempo posible, aumentar la productividad y calidad de la fruta, así como reducir el tamaño del árbol para disminuir los costes de cultivo de las plantaciones. Por tanto, la exigencia de hacer crecer la rentabilidad de las plantaciones, incrementando la productividad y la calidad de la fruta y reduciendo los costes de cultivo, justifica la necesidad de incorporar nuevos patrones al sector cítrico, siendo indispensables en una citricultura moderna y sostenible tanto económica como ecológicamente.

La obtención, selección y evaluación de nuevos patrones de cítricos es un proceso largo y costoso, que requiere una gran cantidad de espacio para la realización de los ensayos y grandes costes en el proceso, cuyo principal objetivo es acortar el tiempo de evaluación para obtener resultados más rápidos. El material debe ser cuidadosamente evaluado, puesto que un error en la selección del patrón puede provocar grandes pérdidas económicas en una plantación.

Citranges Troyer y Carrizo

Los citranges son cruces de naranjo dulce (*C. sinensis*) con *P. trifoliata* L. (Raf.). De todos los citranges obtenidos, Troyer y Carrizo son los que mayor importancia han alcanzado, pero este último es el patrón predominante en la citricultura española. Ambos proceden de un origen común, siendo prácticamente idénticos, aunque algunos autores encuentran pequeñas diferencias.

Ambos patrones son resistentes a tristeza y cachexia, pero sensibles a exocortis y al nematodo de los cítricos *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. En la bibliografía se indica que con respecto al citrange Troyer, el Carrizo presenta resistencia al nematodo *Radopholus similis* (Cobb.) y también que ambos son tolerantes a *Phytophthora* spp. pero Carrizo muestra mayor tolerancia a algunas especies (Castle, 1987).

Estos patrones son tolerantes al frío, pero son sensibles a la clorosis férrica inducida en terrenos calizos, presentando además gran sensibilidad a la salinidad, siendo el Carrizo más tolerante al encharcamiento (Forner y Alcaide, 1994).

Presentan buena compatibilidad con variedades de naranjo dulce, mandarino y pomelo, pero son incompatibles con el limonero Eureka (Weathers *et al.*, 1955). Su comportamiento en vivero es excelente, dando lugar a plantas uniformes y de buen vigor. Las variedades injertadas sobre estos patrones presentan una magnífica calidad de fruta, maduración adelantada respecto al naranjo amargo y en general buena productividad.



Tabla 1.
Principales características de los patrones que se utilizan en España

	Troyer y Carrizo	Citrumelo Swingle	Mandarino Cleopatra	Citrus volkameriana	Citrus macrophylla	C-35	Forner-Alcaide 5	Forner-Alcaide 517	Forner-Alcaide V17
Tristeza	Resistente	Resistente	Tolerante	Tolerante	Sensible	Tolerante	Resistente	Resistente	Tolerante
Plagas y enfermedades	Tolerante	Muy tolerante	Intermedio	Sensible	Muy tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Nematodos	Sensible	Tolerante	Sensible	Sensible	Sensible	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Salinidad	Muy sensible	Sensible	Muy tolerante	Intermedio	Tolerante	Sensible	Muy tolerante	Tolerante	Intermedio
Clorosis férrica	Sensible	Muy sensible	Muy tolerante	Intermedio	Muy tolerante	Muy sensible	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Encharcamiento	Intermedio	Muy tolerante	Sensible	Tolerante	Sensible	Intermedio	Tolerante	Intermedio	Intermedio
Frío	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Sensible	Sensible	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Tamaño árbol	Estandar	Estandar	Estandar	Estandar	Estandar	Estandar	Estandar	Semianarizante	Subestandar
Incompatibilidades	Si	Si	No	No	No	Si	Si		
Productividad	Alta	Media	Baja	Muy alta	Muy alta	Media	Alta	Media	Alta
Tamaño fruta	Grande	Medio	Bajo	Grande	Grande	Medio	Grande	Medio	Grande
Maduración de fruta	Normal	Retrasada	Normal	Adelantada	Adelantada	Retrasada	Normal	Normal	Adelantada
Calidad de fruta	Alta	Media	Alta	Baja	Baja	Media	Alta	Alta	Alta



Citrumelo Swingle

Híbrido de pomelo (*C. paradisi* Macf.) x *P. trifoliata*. Es un patrón resistente a tristeza y tolerante a cachexia y exocortis. Presenta una gran resistencia a *Phytophthora* spp. y es resistente al nematodo de los cítricos *T. semipenetrans*.

Este patrón ha demostrado ser muy tolerante a la asfixia radical y presenta una tolerancia media al frío, a la sequía y a la salinidad, pero muestra una gran sensibilidad a la clorosis férrica.

La unión injerto-patrón del citrumelo Swingle presenta una gran diferencia de grosor entre la variedad y el patrón. La productividad y la calidad de la fruta son excelentes con injertos de pomelo y normales con naranjo dulce y mandarinos. Por otro lado, la madurez interna y externa de los frutos se alcanza más tarde que con otros patrones.

Mandarino Cleopatra

El mandarino cleopatra (*C. reshni* Hort ex Tan.) pertenece al grupo de mandarinos de fruto pequeño. Es tolerante a tristeza, a exocortis y cachexia, presentando también una buena tolerancia a *Phytophthora* spp. En cambio, es sensible al nematodo de los cítricos *T. semipenetrans*. Es tolerante al frío, sensible a la asfixia radical y muy tolerante a la clorosis férrica y a la salinidad.

El tamaño de los árboles injertados sobre este patrón es estándar. Las variedades de naranjo dulce, de mandarino y de pomelo injertadas sobre mandarino Cleopatra presentan buena productividad y una excelente calidad de fruta, aunque el tamaño del fruto suele ser inferior al producido sobre otros patrones.

Por otro lado, es frecuente que las plantaciones de este patrón presenten un desarrollo más lento durante los primeros años. Sin embargo, hacia los 3-4 años, los árboles suelen crecer con normalidad.

Citrus volkameriana

Estudios recientes sugieren que este patrón se originó a partir de diferentes hibridaciones entre *C. reticulata* x *C. medica*. (Curk *et al.*, 2016). Este patrón es tolerante a tristeza y a exocortis, aunque es sensible a cachexia. Su sensibilidad a la virosis *vein enation*, de amplia difusión en nuestro país, se manifiesta en bastantes casos, pero solo un escaso número de ellos ha adquirido carácter grave.

Es sensible al nematodo de los cítricos *T. semipenetrans* y en condiciones españolas presenta sensibilidad a *Phytophthora*.

El tamaño del árbol es estándar, siendo muy precoz en la entrada en producción y presentando excelente vigor y productividad. La calidad del fruto obtenida sobre este patrón suele ser media a baja. Adelanta la maduración.

Este patrón presenta inconvenientes en la multiplicación por semillas. Los árboles madre de nuestro país tienen un bajo porcentaje de embrionía nucelar, lo cual da lugar, en semillero, a plantas heterogéneas.



Citrus macrophylla

El *C. macrophylla* Wester es un híbrido entre *C. micrantha* Wester y *C. medica* L. (Curk *et al.*, 2016). Presenta sensibilidad a tristeza con injertos de naranjo, mandarino y pomelo (Newcomb, 1978), mientras que es tolerante a exocortis y sensible a cachexia. Es muy resistente a *Phytophthora* spp. y es sensible al nematodo de los cítricos.

Posee muy buena tolerancia a la caliza y a la salinidad. Por el contrario, es muy sensible al frío. Una helada de mediana intensidad, que no afecte a otras combinaciones, puede dañar plantaciones enteras establecidas sobre este patrón.

Ha sustituido en su totalidad al naranjo amargo como patrón de limonero. Es muy precoz en su entrada en producción y muy productivo, aunque disminuye la calidad de la fruta de manera significativa.

En algunas ocasiones, los árboles con patrón *C. macrophylla* son de vida corta (10-12 años) debido a una necrosis en los vasos liberianos (Allen y Nigh, 1982).

Citrange C-35

El citrange C-35 es híbrido de naranjo Ruby por *P. trifoliata*. Tolerante al virus de la tristeza y a los nematodos de los cítricos. Presenta también una buena tolerancia a *Phytophthora* spp.

Presenta sensibilidad a la clorosis férrica y a la salinidad. Tiene menor tolerancia al frío que Carrizo y un comportamiento medio frente al encharcamiento.

En algunas plantaciones reduce un poco el tamaño del árbol, sobre un 15 %, aunque en otras alcanza el tamaño estándar del Citrange Carrizo. Al igual que el resto de los trifoliados, es incompatible con limonero Eureka y también se ha descrito un problema cuando se injerta navel Fukumoto (Roose, 2014).

La calidad y la productividad de la fruta es buena. La embrionía nucelar de las semillas es mucho más baja que en otros patrones, siendo necesaria una buena selección de la planta en los viveros.

Forner-Alcaide 5

El patrón Forner-Alcaide 5 (FA-5) es un híbrido de mandarino Cleopatra por *P. trifoliata* obtenido por Juan B. Forner en el programa de mejora de patrones del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) (Forner *et al.*, 2003). El FA-5 es resistente al virus de la tristeza (CTV), al nematodo de los cítricos y a hongos del género *Phytophthora*.

Su tolerancia a la salinidad es muy alta y presenta mejor comportamiento frente a la clorosis férrica que el Citrange Carrizo. Es también tolerante al estrés hídrico y al encharcamiento.

Al igual que *P. trifoliata* y el resto de sus híbridos cultivados en España es incompatible con limonero Eureka. El tamaño del árbol es estándar, similar al Citrange Carrizo.



El comportamiento agronómico del FA-5 ha sido ampliamente estudiado (Forner-Giner *et al.*, 2003) con un gran número de variedades y en distintas condiciones ecológicas. Presenta muy buena productividad, un buen tamaño de fruto y una excelente calidad organoléptica en las variedades injertadas.

Forner-Alcaide 517

El patrón Forner-Alcaide 517 es un híbrido de mandarino King por *P. trifoliata* obtenido dentro del programa de mejora de patrones de cítricos del IVIA. Es resistente al virus de la tristeza y al nematodo de los cítricos.

Presenta una alta tolerancia a la clorosis férrica y tolerancia a salinidad. La principal característica que le distingue del resto es su carácter semienanizante, disminuyendo significativamente la altura del árbol y el volumen de la copa de las variedades injertadas sobre este pie (Forner-Giner *et al.*, 2014).

Induce muy buena calidad de fruta y alta productividad, aunque disminuye el tamaño del fruto. Es un patrón adecuado para plantaciones de cultivo intensivo y para variedades orientadas a la producción de zumo.

Forner-Alcaide V 17

El patrón de cítricos Forner-Alcaide V 17, denominado comercialmente V17, se ha obtenido dentro del programa de mejora de patrones del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias y es un híbrido de *C. volkameriana* por *P. trifoliata*.

Es tolerante al virus de la tristeza y resistente al nematodo de los cítricos. Además, presenta una buena tolerancia a la clorosis férrica y una tolerancia intermedia a la salinidad.

La principal característica que le distingue del resto es el adelanto de maduración en algunas variedades, como sucede con la 'Clementina de Nules' en las parcelas experimentales de donde se ha seleccionado. Induce muy buena calidad de fruta y productividad.

1.1. El programa de obtención de patrones del IVIA

El principal objetivo del programa de mejora de patrones del IVIA es la obtención de nuevas poblaciones de híbridos con potencial tolerancia a enfermedades y estreses abióticos, y que puedan suponer una mejora respecto de los actuales. Para ello se realizan los siguientes procedimientos:

- *Preselección de patrones frente a estreses bióticos y abióticos.* Los principales criterios de selección son:
 - *Tolerancia al virus de la tristeza (CTV):* este carácter es excluyente debido a la limitación que la presencia de esta enfermedad supone en toda la citricultura española.



- *Tolerancia a Phytophthora spp.*: también presente en todos los suelos y limitante en el cultivo de los cítricos.
- *Tolerancia a la clorosis férrica*: este es uno de los principales estreses abióticos en suelos calcáreos, traduciéndose en una disminución en el crecimiento de las plantas y en la productividad.
- *Tolerancia a la salinidad*: los patrones controlan en gran medida la absorción y/o el transporte de las sales a la variedad injertada, y la sensibilidad a la salinidad se asocia con la acumulación excesiva de cloruro en las hojas.
- *Tolerancia a la asfixia radical*: el encharcamiento es un estrés abiótico importante con un impacto negativo en la supervivencia de las especies de plantas sensibles, existiendo importantes diferencias entre patrones.
- *Tolerancia al estrés hídrico*: la distribución del sistema radical, la transpiración y eficiencia en el uso del agua, y la conductividad hidráulica de la raíz son algunos de los factores que marcarán la respuesta de la planta a este factor.
- *Tolerancia al estrés por temperaturas*: fundamentalmente los cambios en las temperaturas máximas y mínimas que se producirán en un escenario de cambio climático, pudiendo ser un factor determinante en la productividad de las plantaciones.
- *Evaluación agronómica del nuevo material vegetal* y la evaluación final en campo, en parcelas experimentales en diferentes zonas de cultivo. Se evalúan los siguientes parámetros:
 - *Reducción del tamaño del árbol*: para facilitar la mecanización de las labores de cultivo, reducir los gastos de poda y aumentar la eficiencia de producción de la plantación.
 - *Unión injerto-patrón*: con el fin de detectar precozmente posibles incompatibilidades y malformaciones de unión que pudieran presentarse.
 - *Efectos sobre*: la calidad, la productividad, la época de recolección, la alternancia en la producción y los compuestos nutricionales de la fruta.
 - *Influencia en la incidencia de las alteraciones de piel de los frutos y fisiopatías*: clareta, rajado, *pixat* o bufado.

Hasta el momento han sido evaluados o se encuentran en estudio más de 500 híbridos. En su conjunto, de entre las realizadas, las hibridaciones de mayor interés han resultado ser las de mandarina Cleopatra x *P. trifoliata*, Citrange Troyer x mandarina Cleopatra, *C. volkameriana* x *P. trifoliata* y mandarina King (*C. nobilis* Lour) x *P. trifoliata*, ya que han dado lugar al mayor número de híbridos con caracteres relevantes.



De este programa de mejora se han comercializado 5 nuevos patrones de cítricos, siendo uno de ellos el Forner-Alcaide 5, uno de los más vendidos actualmente en España, mientras que hay otros 20 nuevos en proceso de registro para su futura comercialización.

2. Variedades más comunes en la citricultura española

La producción de naranjas en España se agrupa fundamentalmente en tres grupos de variedades: 'Navel' (74,6 %), 'Blanca' o 'Valencia' (24,9 %) y las 'Sanguinas' (solo el 0,5 % del total). Las naranjas de los grupos 'Navel' y 'Valencia' se destinan para consumo en fresco, aunque estas últimas se utilizan fundamentalmente para la elaboración de zumo fresco en hostelería y consumo particular.

Las variedades tradicionales españolas del grupo de las Blancas eran de media estación y generalmente con bastantes semillas, razón por la que fueron desapareciendo paulatinamente del mercado en la segunda mitad del siglo XX. La excepción es la variedad 'Salustiana', cuyos frutos pueden recolectarse desde principios de diciembre hasta finales de marzo, tienen pocas semillas y bastante calidad. Las variedades del tipo de 'Valencia Late' son importantes en la citricultura española. Se pueden recolectar desde finales de marzo hasta finales de mayo y las distintas variedades obtenidas a partir de ella difieren en tamaño del fruto, época de maduración y número de semillas, que normalmente son escasas. Debido al interés de este grupo, en los últimos años se están buscando nuevas mutaciones a escala mundial, introduciéndose algunas de ellas en nuestro país para valorar su adaptación agronómica y su interés comercial, como las ya conocidas 'Valencia Delta Seedless' y 'Valencia Midnight' o las recientes introducciones de 'Alpha Valencia', 'Valencia Lavalle', 'Ruby Valencia' y 'Benny Valencia', entre otras.

Las variedades de naranjas del grupo Navel son las de mayor interés en nuestra citricultura. La 'Navelate' puede ser recolectada un poco más tarde que la 'Washington Navel', hacía mediados de abril. Esta variedad produce probablemente los frutos de cítricos de mayor calidad en el mundo. Sin embargo, su producción es menor que otras 'Navel', por lo que tiene unos costos superiores, que los mercados no pagan adecuadamente y en consecuencia su cultivo está disminuyendo. La variedad temprana 'Navelina' puede recolectarse desde finales de octubre hasta finales de enero, dependiendo de las zonas de cultivo. En los últimos años no se ha detectado en España ninguna variedad de naranjo dulce que supere a las ya existentes, pero se han introducido algunas distintas procedentes de otros países como 'Lane Late', 'Powell', 'Chislett', 'Barnfield' y 'Fukumoto', y otras de reciente introducción que están en proceso de desarrollo comercial como 'Navel Cambria', 'Kirkwood Red', 'Glen Ora', 'Witkrans' o 'Karninka', entre otras.

En el grupo de las Sanguinas la variedad más conocida es la 'Sanguinelli', caracterizada por una coloración rojiza de la corteza, pulpa y zumo de sus frutos. Durante las últimas décadas su cultivo en nuestra citricultura fue retrocediendo paulatinamente, aunque durante estos últimos años se ha observado un creciente interés por esta variedad debido al alto contenido de antocianos en sus frutos. Dicho interés se ha incrementado en los últimos años y se están introduciendo variedades



similares a la 'Sanguinelli', como diferentes naranjas pigmentadas, y variedades del grupo «Taroccos», principalmente de Italia. No obstante, la estructura varietal de naranjo dulce que actualmente tenemos en España está bien resuelta y ha hecho posible ofrecer a los mercados nacionales e internacionales naranjas de excelente calidad y sin semillas desde noviembre hasta junio.

Las variedades autóctonas de limón 'Fino' y 'Verna' son las de mayor tradición en la citricultura española y representan el 98 % de la producción, siendo el 68 % 'Fino' y el 30 % 'Verna'. Se han introducido otras como el limón 'Eureka' con un éxito muy limitado. El limón 'Fino' se recolecta desde principios de octubre hasta finales de febrero, mientras que el 'Verna' desde principios de febrero hasta finales de mayo. El interés por nuevas variedades de limonero se ha acentuado en los últimos años y se están buscando fundamentalmente clones de 'Fino', que tiene más calidad que 'Verna', de maduración tardía, elevada producción y sin semillas. Algunas de las variedades seleccionadas en los últimos años han sido 'Finolate', 'Garpo', 'Fino Callosa', 'Beri', 'Bétera', 'Millenium', 'Lider', 'Summer Prim' y 'Chaparro', derivadas de 'Fino' y la variedad 'Pisana' derivada de 'Verna'. También se han introducido otras como el 'Eureka Seedless'. Algunas se han protegido y están empezando a comercializarse.

La importancia comercial del pomelo en la citricultura española es muy reducida, ya que únicamente el 1 % de la producción total de cítricos corresponde al pomelo y principalmente a la variedad 'Star Ruby', ya que nuestras condiciones climáticas limitan el cultivo de otras presentes en zonas productoras como China, Florida, Texas o Cuba.

En España se distinguen tres grandes grupos de mandarinos: satsumas, clementinas e híbridos tipo mandarino. De las 2 millones de toneladas de mandarinas producidas en 2017, el 7,6 % corresponden a satsumas, el 30,7 % a híbridos tipo mandarino y el 61,7 % a clementinas. Las satsumas se recolectan desde principios de septiembre hasta finales de diciembre, produciendo frutos sin semillas, ya que el polen y los óvulos presentan una viabilidad muy baja. En España, las variedades de satsuma más importantes en la actualidad son 'Okitsu', 'Iwasaki' y 'Owari frost'. Recientemente se ha mostrado interés por satsumas de maduración tardía. Las variedades 'Serafines' y 'Bela' son mutaciones de 'Owari' identificadas en Picaña (Valencia) y Valencia, respectivamente, que se caracterizan por madurar sus frutos entre uno y dos meses más tarde que la 'Owari'.

Las clementinas son las variedades más representativas de la citricultura española por su calidad y aceptación por el consumidor. Hay muchas variedades que se recolectan entre mediados de septiembre y finales de enero, son partenocárpicas y autoincompatibles, por lo que la fruta no tiene semillas si se cultivan aisladas. No obstante, tanto el polen como los óvulos son viables y pueden producir semillas por polinización cruzada con otras variedades. En este grupo se han producido y se continúan identificando un gran número de variedades por mutaciones espontáneas. La 'Clementina Fina' fue la primera clementina introducida en España y hasta la actualidad se han seleccionado multitud de mutaciones que han dado origen a la mayoría de las que se cultivan en nuestros días. 'Clemenules' se obtuvo a partir de una mutación espontánea de 'Fina' y es, sin duda alguna, una de las mejores variedades de mandarina, siendo la clementina más cultivada a escala nacional. 'Oronules' y 'Marisol' son variedades semitempranas con frutos de buen tamaño. Los de 'Oronules' son de alta calidad organoléptica mientras que la calidad de 'Marisol' es relativamente baja y con tendencia al bufado, por lo que está desapareciendo de nuestra citricultura. En la década de los 90 aparecieron



las variedades 'Clemenrubí', 'Basol', 'Cultifort', 'Clemensoon' y 'Orogrós' por mutación espontánea de 'Oronules'. Son variedades de recolección muy temprana, a partir de mediados de septiembre, con fruta de buena calidad pero dificultades en el desarrollo del árbol. La 'Hernandina' es la primera variedad tardía de clementina que se obtuvo y se sigue comercializando actualmente, aunque se encuentra en retroceso por el impulso de otras mandarinas tardías, principalmente híbridos. Hay otras variedades que llegaron a tener su importancia y hoy en día están desaparecidas o en retroceso por distintas circunstancias, como 'Clemenpons', 'Arrufatina', 'Beatriz' o 'Mioro', entre otras. Además, recientemente se han detectado nuevas mutaciones que se han presentado para su protección y que aún no se están comercializando.

Los híbridos tipo mandarino provienen de distintos cruces de origen desconocido (*chance seedlings*) y a partir de programas de mejora mundiales. Los que tradicionalmente se han cultivado en nuestra citricultura son 'Nova', 'Fortune', 'Ortanique', 'Ellendale' y 'Murcott'. Se introdujeron como consecuencia de la importante demanda de mandarinas tardías en los mercados internacionales, ya que permiten prolongar la recolección hasta mayo. Estas variedades tuvieron inicialmente una gran aceptación y produjeron alta rentabilidad para los agricultores, pero tienen el gran inconveniente que permiten la polinización cruzada con las clementinas, lo que provoca la aparición de semillas en ambos grupos de variedades. Además, 'Fortune', 'Nova' y 'Murcott' son susceptibles al hongo *Alternaria*. La consecuencia ha sido que, durante las últimas décadas del siglo XX, hubo una disminución de plantaciones de mandarinos de maduración tardía y el incremento de clementinas, fundamentalmente 'Clemenules'. Esto ha creado un grave problema, ya que hay una producción de clementinas muy superior a la demanda del mercado, ocasionando una reducción drástica del precio pagado a los agricultores, que en muchos casos ni siquiera pueden vender su producción. Recientemente, debido a la excesiva producción de clementina, muchos agricultores han decidido cultivar nuevas variedades tardías como 'Nadorcott', 'Tango-Gold', 'Orri', 'Queen', 'Valley Gold', destacando significativamente las tres primeras.

3. Programa de obtención de variedades del IVIA

En el IVIA se están realizando diferentes trabajos dirigidos a la obtención de nuevas variedades de clementinas y de nuevos híbridos de mandarino, que produzcan frutos de excelente calidad, sin semillas y que no induzcan la polinización cruzada con otras variedades, que presenten un periodo de recolección, tamaño y facilidad de pelado adecuado, nutraceuticos, adecuado comportamiento poscosecha, elevadas producciones, resistentes o tolerantes a los estreses bióticos y abióticos que actualmente causan daños importantes a nuestra citricultura, mejor adaptadas a las condiciones ambientales y disponibles para todos los agricultores a precios razonables. En 1980, el IVIA inició el primer programa de mejora mediante hibridaciones dirigidas, del que se obtuvo la mandarina 'Moncada'. Más recientemente, Asins *et al.* (2002) irradiaron ápices de clementina 'Clemenules' y mediante la técnica de microinjerto regeneraron plantas obteniendo una nueva variedad de clementina, 'Nulesin'. Posteriormente, Talón *et al.* (2011) irradiaron yemas de 'Clemenules' con rayos gamma o neutrones rápidos y hasta el momento se han obtenido tres nuevas variedades: 'Clemenverd', 'Nero' y 'Neufina'. 'Nulesin' y 'Neufina' se caracterizan por presentar una menor fertilidad, ya que producen frutos con un menor número de semillas (65 % y 60 %, respectivamente) que 'Clemenules', mientras que la viabilidad de los granos de polen de 'Nero' es prácticamente nula. En el año 2009 se formó un consorcio público-privado, en el que participa el IVIA junto con distintas entidades y empresas



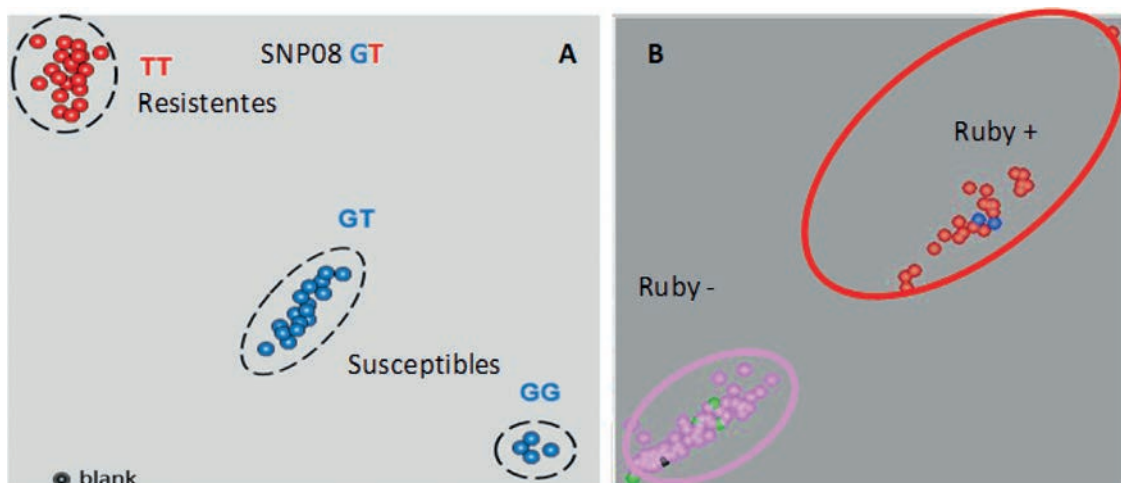
(Fundación Cajamar, el Centro de Investigación Príncipe Felipe, el CSIC, Anecoop, GCM Variedades Vegetales, ICCSA, Citrus Genesis y Eurosemillas), que inició distintos programas de mejora de los que hay distintas variedades en registro actualmente.

En 1996, el grupo dirigido por Luis Navarro del Departamento de Protección Vegetal y Biotecnología del IVIA empezó un programa de mejora genética dirigido hacia la obtención de variedades de mandarinos sin semillas, fundamentalmente mediante la producción de híbridos triploides (Navarro *et al.*, 2015), ya que presentan muy baja fertilidad y normalmente no producen semillas, ni inducen la formación de semillas en otras variedades por polinización cruzada. En cítricos, la partenocarpia es un fenómeno común, por lo que la formación de semillas no es necesaria para obtener buenas producciones. Además, son respetuosos con el medioambiente al ser compatibles con la presencia de abejas en las plantaciones, contribuyendo a que los cítricos no sean una causa más en la disminución de las poblaciones de estos insectos, que son imprescindibles para la producción agrícola. Actualmente, se han obtenido más de 18.000 híbridos triploides que están en distintas fases de evaluación, el registro de 24 híbridos triploides y la producción a nivel comercial de los híbridos triploides ‘Garbí’ y ‘Safor’.

La evaluación de nuevas variedades es un factor limitante en los programas de mejora genética de cítricos, por lo que es muy importante disponer de estrategias que acorten y hagan más eficiente este proceso, particularmente la selección asistida por marcadores moleculares (SAM). Se han desarrollado marcadores moleculares que permiten la selección temprana de híbridos resistentes al hongo *Alternaria alternata* (Cuenca *et al.*, 2016) y de híbridos que presenten coloración rojiza en sus frutos debido a la acumulación de antocianos (García-Lor *et al.*, 2014) (Figura 1). Los marcadores permiten la selección de los híbridos de interés en estado de plántula, reduciendo tremendamente el tiempo y los costes de evaluación.

Figura 1.

Selección asistida con marcadores moleculares. Identificación de los híbridos triploides que presentan el alelo de resistencia y susceptibilidad al hongo *Alternaria* (A). Híbridos triploides que contienen el gen Ruby responsable de la producción de antocianos en los frutos (B)





El largo periodo juvenil que presentan los cítricos es otro problema importante en la evaluación y selección de nuevos híbridos de interés, así como en la utilización de nuevos genotipos como parentales. Dentro del programa y en colaboración con el Guerri y Vives del Departamento de Protección Vegetal y Biotecnología del IVIA se ha desarrollado un vector viral basado en el genoma del *Citrus Leaf Blotch Virus* (CLBV) que expresa el gen FLOWERING LOCUS T (FT) e induce la floración temprana de plantas juveniles de cítricos a partir de los cuatro meses de ser inoculadas (Velázquez *et al.*, 2016). De esta forma, las plantas juveniles inoculadas y seleccionadas con marcadores moleculares se pueden utilizar rápidamente como nuevos parentales para la obtención de híbridos.

3.1. Escenario futuro

Actualmente el IVIA ha desarrollado un nuevo sistema de experimentación de variedades de cítricos (SEVC) que pretende implicar al sector citrícola en la experimentación agronómica de las variedades en diferentes áreas geográficas y sometidas a diversas técnicas de cultivo. Actualmente están incluidos siete híbridos triploides ('Matiz', 'Omet', 'IVIA TRI-707', 'IVIA TRI-703', 'IVIA TRI-705', 'IVIA TRI-750' e 'IVIA TRI-751'), cuyas características se describen a continuación.

- 'Matiz'. Híbrido triploide de 'Fortune' y mandarino común. Los frutos se caracterizan por tener un aroma y sabor similares a los del mandarino común, además de una calidad excepcional. Susceptible a Alternaria.
- 'Omet'. Híbrido triploide de 'Fortune' y 'Murcott'. Los frutos se caracterizan por ser de maduración tardía, de color naranja intenso y de aspecto muy atractivo, además de presentar muy buenas propiedades organolépticas. Variedad resistente a Alternaria.
- 'IVIA TRI-707'. Híbrido triploide obtenido mediante polinización abierta de clementina 'Clemenules' 4x. Los frutos se caracterizan por ser de maduración temprana y aspecto atractivo, similar a las clementinas (Figura 2), además de presentar muy buenas propiedades organolépticas. No presenta espinas.
- 'IVIA TRI-703'. Híbrido triploide de 'Fortune' y 'Murcott'. Los frutos se caracterizan por ser de maduración tardía, de color naranja intenso y aspecto muy atractivo, además de presentar muy buenas propiedades organolépticas. Es muy similar a la variedad 'IVIA TRI-705'. Presenta espinosidad y se ha observado clareta en frutos sobremadurados en el árbol.
- 'IVIA TRI-705'. Híbrido triploide obtenido en la misma polinización descrita anteriormente. Los frutos se caracterizan por ser de maduración tardía, de color naranja intenso y aspecto muy atractivo, además de presentar muy buenas propiedades organolépticas. También presenta espinosidad y se ha observado clareta en frutos sobremadurados en el árbol.
- 'IVIA TRI-750'. Híbrido triploide de clementina 'Fina' y pomelo 'Duncan' tetraploide. Los frutos se caracterizan por ser de tipo pomelo, destacando su coloración naranja. Son de maduración tardía y presentan buenas propiedades organolépticas. Esta nueva variedad puede suponer un nuevo tipo de fruta. Las variedades de pomelo actualmente existentes producen fruta con



pulpa de color amarillo pálido, rosada y roja, por lo que este nuevo híbrido triploide podría constituir una nueva gama de pomelos de color naranja, que podría tener un hueco en los mercados. Es muy similar a la variedad 'IVIA TRI-751'. Presenta espinosidad.

- 'IVIA TRI-751'. Híbrido triploide en la misma hibridación descrita anteriormente. Los frutos se caracterizan por ser de tipo pomelo, destacando su coloración naranja. Son de maduración tardía y presentan buenas propiedades organolépticas. Híbrido muy similar a la variedad 'IVIA TRI-750'. Presenta ligera espinosidad.

No obstante, estos programas de mejora genética son dinámicos y en un futuro se irán incluyendo nuevas selecciones que presenten un potencial interés para el sector. Los nuevos híbridos triploides descritos permitirán disponer de frutos de alta calidad y sin semillas desde finales de septiembre hasta finales de marzo.

Por último, destacar que está previsto que en un futuro próximo el IVIA comercialice el nuevo híbrido triploide mandarino 'Alborea'. Esta variedad se obtuvo mediante polinización del mandarino 'Fortune' y el mandarino 'Wilking' en 1995. Produce fruta con excelentes propiedades organolépticas, de color rojizo intenso muy atractivo, facilidad de pelado similar a las clementinas (Figura 3) y no produce semillas ni induce la formación de semillas en otras variedades por polinización cruzada. Resistente a Alternaria.

Figura 2.
Frutos del híbrido triploide IVIA TRI-707



Figura 3.
Frutos del híbrido triploide mandarino Alborea



3.2. Recomendaciones

Actualmente, existe un fuerte desarrollo de variedades en todos los grupos de naranjas y mandarinas. Los objetivos siguen siendo diversos, dependiendo de la estrategia de las diferentes empresas y de los mercados a los que se destina la fruta. Aparte de las mejoras en cuanto a resistencia a factores bióticos y abióticos, los objetivos comerciales que se buscan son principalmente tres: el primero, cubrir de manera adecuada los pocos huecos comerciales que quedan; el segundo, quizá más importante para las grandes comercializadoras de fruta, es el de homogeneizar la tipología de fruta que se ofrece a los mercados durante toda la campaña; y un tercer objetivo que es buscar especialidades



–variedades totalmente nuevas que aporten características que claramente sean distintivas del resto de cítricos (en general, por color, sabor o aromas)–.

La oferta varietal de mandarinos es muy amplia, lo que permite disponer de fruta desde septiembre hasta principios de marzo. Sin embargo, la mayoría de las variedades de mandarino existentes son diploides que presentan fertilidad masculina y femenina, lo que puede ocasionar la aparición de semillas en sus frutos y provocar la aparición de semillas en frutos de otras variedades a causa de la polinización cruzada. Se considera esencial, por tanto, que se elija correctamente el material vegetal y se tenga en cuenta el que está plantado en el entorno.

La oferta en naranjas es más consistente que la que existe en las mandarinas y la distinción entre las diferentes variedades a nivel de mercado es mínima. Por lo tanto, los objetivos en el desarrollo de variedades (manteniendo las calidades organolépticas actuales) se centran más en incrementar la productividad, homogeneizar los calibres, mejorar la condición y conservación de la piel y aumentar la vida comercial de la fruta. Buscando la diferenciación se han comenzado a introducir variedades pigmentadas con dos líneas principales: pigmentación por licopenos o por antocianos, ambas tipologías con gran penetración en algunos mercados como el de EE. UU. o Italia.

En cuanto a patrones, se están desarrollando en los últimos años materiales que permitirán avanzar en algunos de los problemas de nuestra citricultura (adaptación a diferentes suelos y aguas, mejora de los calibres, resistencia a enfermedades, etc.). En este caso es más necesario que se perfeccionen los modelos de gestión donde la facilidad en la selección del patrón adecuado sea tan importante como la facilidad en la selección de una variedad, como ya sucede en otros cultivos. Por ejemplo, en fruta de hueso existe una amplia gama de combinaciones patrón/variedad a disposición de los agricultores, mientras que en cítricos, pese a existir materiales vegetales novedosos, la introducción comercial de estos se está produciendo de manera muy ralentizada.

Dado que la restricción promovida por las empresas gestoras limita el acceso para los pequeños productores y a menudo a precios muy elevados, los centros públicos de investigación deben trabajar para que se disponga de variedades alternativas disponibles para todos los agricultores a precios razonables.

Es necesaria la inversión en más conocimientos sobre genética, genómica y la aplicación de las nuevas técnicas biotecnológicas para realizar programas de mejora de patrones y variedades más eficientes, que permitan satisfacer de manera más dinámica las nuevas demandas del mercado.

En cualquier caso, el exceso de oferta de determinadas variedades provoca fuertes oscilaciones en los precios y tendencia de estos a la baja. Por otra parte, el hecho de que no se diferencien las producciones españolas ni la diversidad del material en los puntos de venta hace que los productores se encuentren en situación de desventaja frente a la distribución. Por este motivo se recomienda que se organice y consensúen la producción y el calendario comercial escalonado de las variedades, y se trabaje en la diferenciación del producto tanto a nivel varietal como de origen y que se ponga en valor.



Referencias bibliográficas

- ALLEN, R. M.; NIGH, D. R. y SCHNEIDER, H. (1982): «Macrophylla rootstocks necrosis affects more trees in Arizona»; *Calif. Citrograph* 67; pp. 133-134.
- ASINS, M. J.; JUÁREZ, J.; PINA, J.; CARBONELL, E. y NAVARRO, L. (2002): «Nulessin, una nueva clementina»; *Levante Agrícola* 359; pp. 36-40.
- CASTLE, W. S. (1987): «Citrus rootstocks»; en ROM, R. C. y CARLSON, R. F., eds.: *Rootstocks for Fruits Crops*. Nueva York, John Wiley and Sons; pp. 361-369.
- CUENCA, J.; ALEZA, P.; GARCÍA-LOR, A.; OLLITRAULT, P. y NAVARRO, L. (2016): «Fine mapping for identification of Citrus Alternaria Brown Spot candidate resistance genes and development of new SNP markers for marker-assisted selection»; *Front Plant Sci*.
- CURK, F.; OLLITRAULT, F.; GARCÍA-LOR, A.; LURO, F.; NAVARRO, L. y OLLITRAULT, P. (2016): «Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers»; *Annals of Botany* 117; pp. 565-583.
- FORNER, J. B.; FORNER-GINER, M. A. y ALCAIDE, A. (2003): «Forner-Alcaide 5 and Forner-Alcaide 13: Two new citrus rootstocks released in Spain»; *HortScience* 38; pp. 629-630.
- FORNER-GINER, M. A.; ALCAIDE, A.; PRIMO-MILLO, E. y FORNER, J. B. (2003): «Performance of 'Navelina' orange on 14 rootstocks in Northern Valencia (Spain)»; *Scientia Horticulturae* 98; pp. 223-232.
- FORNER-GINER, M. A.; RODRÍGUEZ-GAMIR, J.; MARTÍNEZ-ALCANTARA, B.; QUIÑONES, A.; IGLESIAS, D. J.; PRIMO-MILLO, E. y FORNER, J. (2014): «Performance Of Navel Orange Trees Grafted Onto Two New Dwarfing Rootstocks (Forner-Alcaide 517 And Forner-Alcaide 418)»; *Scientia Horticulturae* 179; pp. 376-387.
- FORNER, J. B. y ALCAIDE, A. (1994): «Últimas investigaciones en patrones tolerantes»; *El Agricultor Cualificado* 0; pp. 21-24.
- GARCÍA-LOR, A.; HERNÁNDEZ, M.; ALEZA, P.; CUENCA, J.; OLLITRAULT, P. y NAVARRO, L. (2014): «Selección asistida con marcadores moleculares en cítricos»; *Actas de Horticultura* 69; pp. 53-54.
- NAVARRO, L.; ALEZA, P.; CUENCA, J.; JUÁREZ, J.; PINA, J. A.; ORTEGA, C.; NAVARRO, A. y ORTEGA, V. (2015): «The triploid mandarin breeding program in Spain»; en SABATER-MUÑOZ, B.; MORENO, P.; PEÑA, L. y NAVARRO, L., eds.: *Acta Horticulturae* 1065. España, Valencia. Proceedings XII International Citrus Congress 2012; pp. 389-395.



NEWCOMB, D. A. (1978): «Selection of rootstocks for salinity and disease resistance»; *Proc. Int. Soc. Citruculture*; pp. 117-120.

ROOSE, L. M. (2014): «Rootstocks»; *Univ. CA Citrus Production Manual*; pp. 95-105.

TALÓN, M.; LÓPEZ-GARCÍA, A.; TEROL, J.; CERCÓS, M.; IBAÑEZ, V.; HERRERO-ORTEGA, A.; MUÑOZ-SANZ, J. V.; COLMENERO-FLORE, J. M.; ARBONA, V.; ESTORNELL, L. H.; CARBONELL, J.; CONCESA, A.; DOPAZO, J. y TADEO, F. R. (2011): «CitruSeq: una aproximación genómica a la mejora de los cítricos»; *Levante Agrícola* 405; pp. 73-78.

VELÁZQUEZ, K.; AGÜERO, J.; VIVES, M. C. *et al.* (2016): «Precocious flowering of juvenile citrus induced by a viral vector based on Citrus leaf blotch virus: a new tool for genetics and breeding»; *Plant Biotechnol. Journal* 14(10); pp. 1976-1985.

WEATHERS, L. G.; CALAVAN, E. C.; WALLACE, J. M. y CHRISTIANSEN, D. W. (1955): «Lemon on Troyer Citrange Root, bud-union and rootstock disorder of Troyer citrange with Eureka lemon tops under study in effort to identify cause»; *California agriculture* 9(11); pp. 11-12.