

# Las variedades locales en la mejora genética de plantas

José Ignacio Ruiz de Galarreta,  
Jaime Prohens y Roberto Tierno



# Las variedades locales en la mejora genética de plantas

José Ignacio Ruiz de Galarreta  
Jaime Prohens  
Roberto Tierno

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas  
Sociedad Española de Genética

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

EKONOMIAREN GARAPEN  
ETA LEHIAKORTASUN SALA

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2016

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la red *Bibliotekak* del Gobierno Vasco:

<http://www.bibliotekak.euskadi.net/WebOpac>

### **Agradecimientos:**

Los coordinadores quieren expresar el agradecimiento a los autores por su esfuerzo y dedicación, así como la financiación de la publicación al Gobierno Vasco.

**Edición:** 1.<sup>a</sup>, junio de 2016  
**Tirada:** 350 ejemplares  
**©** Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco  
Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad  
**Edita:** Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco  
Donostia-San Sebastián, 1  
01010 Vitoria-Gasteiz  
**Diseño:** Neiker, Instituto Vasco de I+D agrario  
**Impresión:** Gráficas Irudi  
**ISBN:** 978-84-457-3395-0  
**D.L.:** VI 278-2016

## Prólogo

La evolución de las especies silvestres en ambientes modificados por los humanos dio lugar al origen de la Agricultura y a la aparición de los cultivos. A partir de las primeras formas proto-domesticadas, y a través de la adaptación de las mismas a diferentes ambientes y la modificación de múltiples caracteres mediante la selección y la acción de otras fuerzas microevolutivas, se originaron multitud de razas y variedades locales cultivadas. Esta evolución ha sido el origen de lo que actualmente conocemos como variedad local, primitiva, tradicional o autóctona, denominada en la literatura inglesa como landrace, aunque también se citan como primitive, traditional, heirloom o local. Todos estos términos se emplean en muchas ocasiones de forma ambigua pero con el denominador común de poseer la característica de no haber sido obtenida mediante técnicas modernas de mejora genética. Así, el concepto de variedad local más comúnmente aceptado es el de una población que tiene que cumplir al menos ciertas premisas, como presentar integridad fenotípica para caracteres específicos distintivos y adaptación a un ambiente local específico. Frecuentemente las variedades locales, a pesar de presentar un fondo genético común, presentan variación genética, lo que en determinados cultivos confiere estabilidad frente a cambios ambientales.

A partir de los años 60 y, posteriormente, con la revolución verde y la intensificación de la Agricultura, se produjo un declive progresivo de las variedades locales, de forma que muchas dejaron de cultivarse. No obstante, en los últimos años han vuelto a cobrar importancia no sólo para su uso en sistemas agrícolas alternativos, como la agricultura ecológica, sino para satisfacer la demanda creciente por los consumidores por este tipo de variedades. Ni que decir tiene que las variedades locales siguen siendo excelentes fuentes de variación, para su incorporación como material fundacional en programas de mejora para estreses bióticos y abióticos, relacionados con el cambio climático, y para obtener nuevas variedades más productivas y con alta calidad.

Otro aspecto a destacar de estas variedades es su valor intrínseco, como alimento de reconocida calidad culinaria, y formar parte del patrimonio cultural de determinados territorios, además de ser un recurso económico y contribuir al valor paisajístico para el medio rural.

Por todo ello la presente publicación, promovida por la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas y la Sociedad Española de Genética, además de ser un reconocimiento de la importancia de las variedades locales, ha querido dar una visión de su utilidad en la mejora genética vegetal. De esta forma, los autores como mejoradores e investigadores expertos en sus respectivos campos, han pretendido describir el potencial de nuestras variedades locales, mediante la descripción de sus principales características, y la utilización que se ha hecho de ellas en programas de selección y mejora en una amplia representación de cultivos.

Esperamos que esta obra sea un documento valioso de recopilación del conocimiento de las variedades locales, en muchos casos disperso, y que sirva como texto de referencia para la valorización y su utilización en programas de mejora genética actuales y futuros.

**El Comité coordinador**

# Índice

**1. De las plantas silvestres a las variedades tradicionales: domesticación y evolución....9**

José Ignacio Cubero

**2. Erosión genética y reemplazo de variedades tradicionales.....29**

José María Carrillo

**3. Las colecciones de germoplasma de variedades tradicionales.....43**

Lucía de la Rosa e Isaura Martín

**4. Las variedades tradicionales como fuente de variación en mejora.....61**

María José Díez y Belén Picó

**5. Variedades tradicionales en una agricultura moderna: estrategias de revalorización...79**

Jaime Prohens, Francesc Casañas y Juan José Ferreira

**6. Trigo.....101**

Conxita Royo, Magdalena Ruíz, Dolors Villegas y Fanny Àlvaro

**7. Cebada.....119**

Ana M. Casas, M. Pilar Gracia y Ernesto Igartua

**8. Maíz.....133**

Amando Ordás

**9. Judía.....155**

Antonio M. De Ron, Marta Santalla, A. Paula Rodiño, Ana M. González, Luis Godoy, J. Pedro Mansilla y Matthew Blair

**10. Leguminosas.....171**

Eva M. Córdoba, Clara I. González-Verdejo, Manuel J. Rodríguez, Carmen A. García, Constantino Caminero, Teresa Millán, Ana M. Torres, Josefa Rubio y Salvador Nadal

**11. Vid.....191**

Félix Cabello, Gregorio Muñoz Organero, María Allier, Laura Gaforio, Alba Vargas, Victoria de los Ángeles Sáez, Teresa Arroyo y María Teresa de Andrés

<b>12. Frutales de pepita.....</b>	<b>215</b>
Jorge Urrestarazu, Ana Pina, Mayte Espiau y Pilar Errea	
<b>13. Frutales de hueso.....</b>	<b>239</b>
María L Badenes y Elena Zuriaga	
<b>14. Cítricos.....</b>	<b>259</b>
Pablo Aleza y Luis Navarro	
<b>15. Almendro.....</b>	<b>283</b>
Rafel Socias i Company, María T. Espiau, Ossama Kodad, Àngel Fernández i Martí y José M. Alonso	
<b>16. Avellano, nogal y algarrobo.....</b>	<b>297</b>
Mercè Rovira, Neus Aletà, Laia Abelló, Antònia Ninot e Ignasi Batlle	
<b>17. Castaño.....</b>	<b>323</b>
M. Àngela Martín, Luis M. Martín, Ana M. Ramos-Cabrer y Santiago Pereira-Lorenzo	
<b>18. Higuera.....</b>	<b>341</b>
Margarita López-Corrales, Fernando Pérez-Gragera y Francisco Balas-Torres	
<b>19. Patata.....</b>	<b>359</b>
Jose I. Ruiz de Galarreta, Roberto Tierno y Domingo J. Rios	
<b>20. Tomate.....</b>	<b>381</b>
Salvador Soler, María Figàs, María José Díez, Antonio Granell my Jaime Prohens	
<b>21. Pimiento.....</b>	<b>405</b>
Adrián Rodríguez, Leandro Pereira y Ana M. Fita	
<b>22. Melón.....</b>	<b>427</b>
M. Luisa Gómez-Guillamón y José M. Álvarez	
<b>23. Brásicas.....</b>	<b>445</b>
M. Elena Cartea, María Tortosa, Pablo Velasco, Marta Francisco, Pilar Soengas y Víctor M. Rodríguez	
<b>24. Camelia.....</b>	<b>463</b>
Carmen Salinero, Pilar Vela, Antonio M. De Ron y M. Jesús Sainz	

# **1. De las plantas silvestres a las variedades tradicionales: domesticación y evolución**

---

## **José Ignacio Cubero**

Departamento de Genética. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, Edificio Mendel  
ge1cusaj@uco.es

### **1.1. Introducción**

### **1.2. La aparición de las primeras variedades cultivadas**

#### **1.2.1. Selección in situ**

#### **1.2.2. Selección automática**

#### **1.2.3. Selección indirecta**

#### **1.2.4. Plantas protegidas**

#### **1.2.5. Cultivos secundarios**

### **1.3. Del primer domesticado a las primeras variedades**

### **1.4. De las primeras variedades a las variedades locales**

### **1.5. Variedades locales y tradicionales**

### **1.6. Referencias**

## 1.1. Introducción

Aunque cualquier cifra que se dé sea forzosamente inexacta, se cifra en un cuarto de millón el número de especies vegetales superiores existentes en nuestro planeta. De ellas se habrán utilizado por los hombres que nos precedieron como mucho un par de decenas de miles, de las que sólo se alimentó de unas cinco mil como mucho; en las relaciones más exhaustivas que se han hecho se mencionan unas tres mil (Harlan, 1992; Hedrick, 1972), pero es bastante probable que quedaran sin el conocimiento de los autores muchas otras escondidas en los rincones del mundo. En todo caso, el “embudo” utilizado por los primeros agricultores-mejoradores fue gigantesco; por qué fueron unas y no otras es un problema con numerosas facetas; lo que está claro es que el Hombre domesticó lo que pudo y donde pudo, y esto nos lleva a una primera afirmación que, a lo largo de mi vida profesional y, sobre todo, docente, le he repetido siempre a quien me ha querido oír: como no sabemos lo que contiene esa inmensidad de plantas no utilizada por nuestros ancestros, la conservación de recursos naturales no es una cuestión romántica de amor al paisaje “de siempre” (eso dicen, como si el paisaje no hubiera cambiado a veces de siglo en siglo) sino un asunto netamente económico: hay que conservarlo porque ahí están los genes que nos pueden resolver la vida presente y la futura (Cubero et al., 2006).

Pero si bien el número de especies que se llegaron a cultivar fue una mínima parte del total posible, y puede que no todas fueran las mejores, cada una de ellas proliferó en las manos del Hombre de manera impresionante, dando lugar a un sinfín de formas, aptitudes y usos. Vavilov fue capaz de coleccionar e tales variedades en unas 700 especies cultivadas, con un total que sobrepasaba las 300.000 antes de que tan inmenso trabajo fuera destruido. Lamentablemente, muchas de esas formas, incluso subespecies completas, recogidas por el gran científico ruso se han perdido para siempre. La riqueza que queda sigue siendo enorme e inmenso su potencial para el futuro, pero su conservación, junto con la de parientes silvestres en general muy mal coleccionados y mantenidos, debe ser una prioridad, y no lo es porque las grandes colecciones, los bancos de germoplasma, sólo se inauguran una vez, y políticamente no es muy rentable. ¿Puede imaginarse lo que ocurriría si se quemaran los museos del Prado o el Louvre...?

Una pérdida irreparable para la cultura que motivaría una tremenda reacción en todo el mundo. Si pasara lo mismo con grandes bancos de germoplasma sería asimismo una pérdida irreparable para la *agricultura*, pero ¿se respondería de igual manera...? Y sin embargo...

Cómo se formaron tales variedades a partir de unas escasas poblaciones, a veces de muy pocos individuos, es el motivo de las páginas que siguen. La bibliografía es abundante, por lo que forzosamente será un muy breve resumen más que nada destinado a incitar al lector a que vaya a las fuentes originales.

## 1.2. La aparición de las primeras variedades cultivadas

Lo que hoy llamamos *planta cultivada* es una *planta modificada genéticamente a favor de las necesidades del hombre* e inexistente como tal en la naturaleza; lo mismo se dice del animal domesticado, pero aquí no se mencionarán más. Cómo se logró colocar poblaciones silvestres bajo el control del Hombre es algo permanentemente sujeto a discusión, pues, como ya he dicho, un enorme número de ellas ha estado en estrecho contacto con el Hombre y pocas se quedaron con él. Parece claro que algunas especies, y aun variedades o razas dentro de éstas, han sido más *maleables* que otra; de ahí que se haya acuñado el concepto de *domesticado potencial*: “plantas (y animales) propensas a ser domesticadas”. Pero, dada la enorme diversidad de especies domesticadas en el mundo vegetal, un domesticado potencial puede ser cualquier planta y como sólo en ciertas regiones del mundo ha ocurrido tal proceso, parece lógico admitir que para domesticar hace falta, además de especies adecuadas, un cierto contexto ambiental o cultural.

Es fácil hablar de *domesticados potenciales* sabiendo qué especies se han domesticado y en dónde pero habría que preguntar cuáles, en el mundo actual, son las especies que pueden ser *domesticados potenciales*, por qué no se han domesticado y qué se puede hacer para domesticarlos. Nos va mucho en el envite: el Horizonte 2050, tan ambiciosamente diseñado en el 2000, sigue tal cual se diseñó y han pasado quince años. ¿Por qué los trigos y la cebada y no *Festuca*, *Poa*, *Lolium*, *Bromus*, *Eragrostis*, *Dactylis*, etc., de los que, además, se tiene constancia de los intentos de llevarlas a cultivo? Y, desde luego, nada hubiera sugerido que el maíz, hoy en día un alimento básico, hubiera sido un “domesticado potencial” a la vista del teosinte: a diferencia de trigos y cebada, tardó nada menos que tres milenios en ser finalmente domesticado, y seguramente sólo fue aceptado cuando se puso a punto la famosa triada mesoamericana, “las tres hermanas”, esto es, maíz, judía y calabaza (Cubero, 2016).

Hay que recordar que el nacimiento de la Agricultura es consustancial con el de la domesticación: no hay agricultura con plantas silvestres ni existen domesticadas en el bosque. Nos enfrentamos a dos cuestiones: el *porqué* y el *cómo*. El *porqué* ocurrió dicho cambio ha sido discutido desde todos los puntos de vista, que pueden resumirse en dos grandes grupos: el del *invento* y el de la *necesidad*. El *cómo* no es independiente de la respuesta que se dé al punto anterior, y asimismo podemos agrupar las ideas al respecto en dos grandes grupos: la domesticación *instantánea* (mejor, casi) y la *gradual*. Fuera como fuere, la Agricultura pudo fundamentarse porque *las modificaciones producidas en el material silvestre se transmitieron de generación en generación* aunque el hombre no supiera la razón. *Esa transmisión genética en diferentes ambientes climáticos, edáficos y culturales es la que da lugar a las variedades y razas locales.*

Incluso alguien tan lúcido como Darwin se asombró de encontrar, en medio del Pacífico nativos que, a pesar de ser “salvajes” (es su propia expresión), practicaban una refinada agricultura; no obstante, fue, como todos en su época, partidario del “invento”, del descubrimiento casual; he aquí sus palabras: “...*habiendo encontrado qué plantas eran útiles, darían tras un cierto tiempo el primer paso en el cultivo plantándolas cerca de sus viviendas habituales... O bien una buena variedad de una planta nativa podría atraer excepcionalmente la atención de algún viejo y sabio salvaje [sic], y la trasplantaría o sembraría su semilla*”<sup>1</sup>. “Domesticación” instantánea e “invento” concomitante de la agricultura. Resulta incomprensible que el creador de la teoría de la evolución biológica no pensara ni por un momento en que el paso de “silvestre” a “domesticado” y de “salvaje” a “civilizado”, en este caso de recolector a cultivador, no estuviera sujeto a evolución. El entorno cultural pesaba demasiado. Pero, por extraño que parezca, tal opinión, aunque normalmente matizada, sigue vigente en nuestros días, sobre todo en estudiosos de la Historia con escaso bagaje biológico.

Dejemos de lado si la agricultura llegó por necesidad ambiental o tecnológica, por desarrollo cultural, saturación de la capacidad de carga o crisis alimentaria. El caso es que, en ciertas (y pocas) regiones las poblaciones de cazadores-recolectores que llevaban sus buenos dos millones de años de existencia están en posesión de unas plantas que difieren de las que hasta ahora han estado recogiendo. ¿Cómo ha sucedido tal cosa? Es difícil englobar todos los casos en un esquema único; el Hombre se ha encontrado en multitud de situaciones muy diferentes entre sí desde todos los puntos de vista y es posible que haya domesticado vegetales y animales con las motivaciones y por los métodos más diversos. Es lo que Harlan (1992) llama a *no model model*, es decir, el modelo “*no hay model*”. De una manera u otra, el Hombre modificó el ambiente en beneficio propio y, al sacarlos de su hábitat natural, sometió a los organismos vivos a una presión nunca ejercida sobre ellos. La selección natural dejó paso a la humana, al principio inconsciente, luego plenamente voluntaria, y plantas y animales respondieron modificando profundamente su arquitectura genética, con lo cual quedaron para siempre en manos del Hombre, un Hombre que no quedó inmune, pues, a su vez, pasó a depender de sus domesticados.

¿Cuánto hubo de inconsciente y cuánto de voluntario? La única fase del proceso que puede considerarse “inconsciente” es la primera etapa en la domesticación, lo que hoy se denomina *selección automática* que veremos a continuación. Una vez en posesión de la planta cultivada, la selección fue totalmente consciente aunque fuera *intuitiva* por carecer de base científica. Veamos la primera, esto es, la “fundacional”.

---

<sup>1</sup> Darwin, *The variation of animals and plants under domestication*, vol. I, cap. IX; repite el argumento en *The descent of man and selection in relation to sex*, cap. V.

Las motivaciones han podido ser muchas, comenzando por la más antigua de todas, esto es, el servir de alimento. Pero no es la única: pueden servir para vestirse, medicina e incluso, con un nivel de vida algo mejor, como ornamento. O como estimulante, estupefaciente, planta ritual, etc. Lo que mejor conocemos es el caso de las alimenticias, puesto que los mecanismos de su domesticación son aplicables a otros casos (Cubero, 2016). Téngase en cuenta que, en la mayoría de los casos, en las hipótesis sobre el origen de la agricultura siempre se echa en falta un mecanismo por el cual los cambios favorables producidos de manera espontánea se fijen en el material que está en las primeras generaciones de cultivo. Los autores, por excelentes que sean en sus campos de actividad pero que, en general, salvo excepciones, no son agrónomos, suelen decir que al transferir semillas a otro ambiente se favorecen los cambios o bien se cruzan por otras especies y el hombre tiene más posibilidades de elegir lo que le conviene. Ninguna de esas razones resiste la menor crítica desde un punto de vista genético. Repasaremos las hipótesis más verosímiles desde el punto de vista científico.

### 1.2.1. Selección in situ

Supone que el recolector puede elegir en el campo las plantas que le parecen mejores; por ejemplo, con el grano de mayor tamaño. Pero un recolector no debía realizar su trabajo de una manera muy distinta de como lo hacían los segadores antiguos con hoz, como todavía algunos de nosotros hemos llegado a ver: cogían un grupo de plantas con una mano y con la otra cortaban los tallos a la altura conveniente. O, en el caso de las leguminosas, las arrancaban. Los etnólogos confirman que sigue haciéndose así en las escasas poblaciones supervivientes de cazadores-recolectores. En un caso concreto, la técnica empleada podía ser útil; las hoces primitivas (mesolíticas) estaban formadas por un mango de madera o hueso y microlitos de bordes afilados incrustados en él. Al segar una población silvestre, el segador se quedaría en la mano sobre todo aquellas plantas que tuvieran los granos bien unidos a la espiga, esto es, con raquis tenaz, una mutación recurrente en cereales. Tal hoz, pues, facilitaría la obtención de plantas con raquis tenaz, *supuesto que los granos recogidos se sembraran y se siguieran recogiendo semillas de las plantas nacidas de ellos, repitiendo el proceso a lo largo de los años, pues no hay otra manera de que los genes favorables se transmitan a la descendencia*. Si no se hacía así, ni siquiera el uso de tal hoz mesolítica por sí solo basta para conseguir una variedad domesticada.

Cabe mencionar otros de selección in situ que pueden facilitar la domesticación. Los tubérculos de las patatas silvestres no se producen alrededor de la base de la planta como sucede en las variedades modernas, sino a lo largo de largos estolones como mecanismo de propagación y, al mismo tiempo, defensa ante predadores; lógicamente, los recolectores que levantarán los tubérculos con el palo de cavar preferirían las plantas con grupos de tubérculos en su base, lo que evidentemente constituiría una selección *in situ* y llevaría a la consecución de un variedad de fácil recolección y a la domesticación *con la condición que*

*algunos de esos tubérculos se plantaran, se siguieran recogiendo papas de esas plantas y repitiendo el proceso.* No hay otra manera de hacer que los genes favorables se transmitan a la descendencia. El cacahuete nos proporciona el mismo ejemplo que la papa, pero el órgano subterráneo es un fruto (un lomento) y no un tubérculo y, por tanto, lo que se utilizan son semillas y no propágulos vegetativos.

### 1.2.2. Selección automática

No basta, pues, con sembrar plantas silvestres para ser agricultor. Si sembramos aquéllas pero recogemos y molem toda la producción, tendremos que volver a sembrar semillas recogidas en la naturaleza y repetiremos el proceso: las plantas seguirán siendo silvestres aunque las sembremos y cultivemos. Si en el sembrado surgiera alguna característica favorable, como suele acontecer por cambios genéticos espontáneos, terminaría en el estómago de alguien. La única posibilidad de que un carácter favorable (por ejemplo, una espiga tenaz que retenga los granos sin que se dispersen en la madurez; en los animales, una oveja mocha o con lana en vez de pelo) pueda utilizarse en el futuro es que se transmita a las generaciones posteriores.

Supóngase que se recoge un buen número de granos en plantas silvestres, tal como lo haría un cazador-recolector, y que se siembran, es decir, se esparcen en algún sitio cercano al poblado y se los cubre con tierra. Ese simple hecho los coloca en una situación distinta de la natural en tierra disponible, quizá más agua y basuras y deyecciones, esto es, fertilizantes, protección de predadores, menor competencia con otras plantas, mayor densidad en un espacio reducido, etc. La planta responderá de otra manera a como lo hacía en la naturaleza. Necesitará otros caracteres en el campo sembrado: otra arquitectura para poder competir satisfactoriamente por el agua, la luz y los nutrientes, dada la mayor densidad de población; menor competitividad, por el contrario, para sobrevivir frente a otras plantas y sus muchos predadores, pues va a estar cuidada, etc. Pero para que se fijen esas características *ahora* favorables (¡pero no antes!) es preciso que sus descendientes se sigan sembrando y cuidando en las mismas condiciones.

Si la población nacida de esas semillas (silvestres pero sembradas por el hombre) se recoge en una determinada fecha, por ejemplo a finales de junio, sólo se recogerán semillas de las que hayan madurado más o menos al mismo tiempo, es decir, *de un subconjunto de la población silvestre recogida*. Si de este subconjunto se destina una parte a la siembra del año próximo, *aún estaremos restringiendo más el conjunto inicial de genes*; nos estaremos quedando con aquellos que hacen madurar aproximadamente al mismo tiempo, pero al mismo tiempo que estamos *domesticando* (o sea, controlando su ciclo reproductivo) una planta, creando por tanto un cultivo, *estamos desechando el resto de genes del conjunto inicial sin saber si son valiosos o no*. De año en año, si se sigue con ese ciclo de siembra de una parte de granos cosechados - cosecha - siembra de una parte de los granos cosechados... se irá

consiguiendo cada vez mayor homogeneidad en el carácter que nos interesa *olvidándonos de los demás*. Eso sí, en unos cuantos ciclos se habrá conseguido controlar la reproducción de esa especie. El recolector ha pasado a ser agricultor sin haberlo intentado voluntariamente. De ahí que a este proceso, totalmente inconsciente por parte del hombre, se le llame *selección automática*. Sigue aplicándose cuando se trata de domesticar una nueva especie silvestre aunque, evidentemente, se realiza en condiciones controladas.

Como se puede ver, la selección automática es un complemento obligado de la selección in situ: con esta última en solitario no se conseguiría nada. Y hay que insistir una vez más en que la conservación de las especies ancestrales de las cultivadas contienen un conjunto de genes nunca utilizado: *su protección no es un asunto romántico para favorecer agriculturas de subsistencia, sino una necesidad económica actual*.

Otros tipos de selección han producido un buen número de domesticados, todos ellos reducibles, en el fondo, a selección automática. Entre ellos se cuentan la *selección indirecta*, las *plantas protegidas* y los *cultivos secundarios*

### 1.2.3. Selección indirecta

Está producida por respuesta correlacionada. Valga como ejemplo la rosa. Hoy la tenemos como la reina de las ornamentales, pero su introducción en su mundo actual deriva de un uso como planta medicinal. Sus pétalos producen el agua de rosas que aún se utiliza como colirio (la obtención de perfume es relativamente reciente en la Historia), el interior de los escaramujos tienen una capa vellosa rica en vitamina C y sus semillas producen un cardiotónico que, en buenas dosis, puede ser veneno. Pero el uso ancestral es el del agua de rosas, Para ello, los pétalos se secan suavemente a la sombra y se pulverizan. Evidentemente, la cosecha es tanto más rentable cuantos más pétalos haya, de ahí que se eligieran las flores con más pétalos que, por selección automática primero e intuitiva después, produjeron esas variedades que desde tiempos remotos terminaron produciendo más de un centenar de pétalos en cada flor. Es el caso también de algunos ñames africanos; a fuerza de elegir para la reproducción los tubérculos mayores, las plantas que mejor se adaptaron al sistema fueron las que menos órganos reproductivos formaban, hasta el punto de terminar no produciendo órganos florales: la energía disponible no es ilimitada y si la planta la utiliza de manera masiva en un órgano es en detrimento de los demás.

### 1.2.4. Plantas protegidas

Son las que acompañan al hombre sin que este haga ningún esfuerzo por domesticarlas. Ejemplos típicos son el baobab y el karité (el “árbol de la manteca”) africanos, que han ido surgiendo por donde los grupos humanos han ido pasando, como consecuencia del arrastre involuntario de semillas y su ulterior protección a causa de la utilidad que ofrecen (el

baobab, por ejemplo, todo, incluso un depósito de agua de lluvia en los troncos secos); un caso parecido es el de la palmera datilera en el Sahara, naciendo al lado de los pozos de agua a partir de los restos de comida de las caravanas que cruzaban de Este a Oeste. Otro ejemplo bien cercano es el de la encina; a veces se han hecho germinar las bellotas en un vivero temporal en las proximidades de la finca para su ulterior trasplante, como nos dicen los autores romanos, pero nunca se ha efectuado selección para su mejora, reproduciéndose de manera natural en las dehesas, en las que todo lo más se hace una labor de poda para eliminar la madera vieja. Las encinas que producen bellotas dulces, una simple mutación recurrente, han sido dispersadas voluntaria o involuntariamente por los pastores, que, como buenos conocedores del terreno, sabían dónde estaban y aprovisionaban su zurrón de ellas; la limpieza del mismo donde hacían estación o las caídas accidentales de bellotas fueron produciendo la dispersión, pero sin plantación consciente. Además, la encina resiste muy bien el fuego del sotobosque, lo que elimina muchas plantas competidoras y permite la formación de bosques en los que reina como especie principal indiscutible.

Es también el caso de la palma aceitera, originaria de las regiones del golfo de Guinea; nunca se cultivó, pero las poblaciones nativas que practicaban el antiguo sistema de la roza, talando y quemando para cultivar en el suelo así liberado de maleza, la favorecían sin querer, pues generalmente el fuego no llegaba al penacho y, además, la palma crece mejor en un ambiente soleado.

Así se fueron formando palmerales alrededor de los poblados o campamentos, que se utilizaban para obtener vino y aceite. La preferencia por ciertos dátiles y su transporte en los movimientos del grupo, motivó la selección automática de ciertas formas que fueron siendo cada vez más frecuentes en el conjunto de las poblaciones de palma. Fueron estos tipos de los que se partió definitivamente para su domesticación consciente, que tuvo lugar en la India desde finales del siglo XIX.

### **1.2.5. Cultivos secundarios**

Su nombre no tiene que ver con la importancia del propio cultivo sino a la forma de haber sido domesticado. Si en la actual economía de subsistencia no se es muy exigente en cuanto a la pureza de sus cultivos, mucho menos debían serlo los primeros agricultores. Los primeros trigos (escandas y escañas) estarían mezclados entre sí, también con cebada y otras gramíneas: todo era alimento. Sólo la especialización en el uso permitió luego la separación neta entre especies diferentes. Una de las impurezas del trigo era otro cereal (que hoy llamamos centeno) muy parecido a aquél, sobre todo a los tipos primitivos. Coexistían en la zona de origen (el Oriente Próximo) y así emigraron a otras regiones llevados por los primeros colonos agrícolas. Trigo y centeno prefieren sin embargo, distintos hábitats: el trigo, los suelos algo calizos; el centeno, ácidos y climas más templados aquél que éste. Cuando la mezcla de trigo con impurezas de centeno empezó a ser sembrada en zonas

poco calizas y frías, lo que sucedió al penetrar en las estepas asiáticas o al ascender por las montañas centroeuropeas, el hombre fue recogiendo, sin apercibirse, cada año mayor proporción de centeno que de trigo hasta que, finalmente, se quedó entre las manos con una nueva especie domesticada sin haberlo intentado. Es, realmente, un nuevo proceso de selección automática, pero ya en material domesticado. El trigo es un *cultivo primario* y, en este sentido, el centeno es un *cultivo secundario*. Tales casos son más frecuentes de lo que puede parecer; cultivos secundarios son el melón respecto al pepino, el limonero respecto al cidro, la col y el nabo uno del otro, etc. (Cubero, 2013, 2016).

Dentro de estos cultivos secundarios pueden considerarse muchos otros casos como, por ejemplo, la *transdomesticación*, cuando se domestica una nueva especie en uno o varios puntos *fuera* de su distribución natural, habiendo sido llevada como impurezas de otro cultivo (el tomate, originario de Sudamérica pero domesticado en México o, más ciertamente, en Europa; el caucho ha sido realmente transdomesticado, pero conscientemente). La extensión de un cultivo a nuevas zonas puede producir, por *cruzamiento espontáneo* entre el introducido y el nativo, nuevas formas que, si tienen éxito por selección tanto automática, pueden convertirse en nuevas especies que pueden llegar a ser nuevos cultivos. En este caso está nada menos que el trigo harinero, que *no* existe en estado silvestre y surgió como consecuencia de la difusión de la Agricultura cuando ésta, expandiéndose desde el Próximo Oriente, llegó a los alrededores del Mar Caspio provocando que el trigo duro se cruzara con un pariente cercano silvestre. Del híbrido resultó un nuevo trigo con los genes de ambos: el trigo harinero.

### 1.3. Del primer domesticado a las primeras variedades

Todos estos procesos son *automáticos, inconscientes*. El resultado es un conjunto de plantas que ya no es silvestre, necesita al Hombre, está en sus manos: poco futuro tiene lo que nace de granos caídos de la cosecha anterior, tanto menos futuro cuanto mayor es el nivel de domesticación. Es ya una variedad *cultivada*, grosera e imperfecta, pero origen de *variedades o razas locales*<sup>2</sup>. A partir de ahí se acaba lo *inconsciente*. El Hombre que nos precedió podía ser primitivo pero en modo alguno tonto; una vez que se da cuenta de un buen carácter para él, lo elige y lo reproduce, aunque por supuesto no haya estudiado en ninguna universidad. A alguien que vive *en y de la Naturaleza* no se le pasan inadvertidas ciertas ventajas presentes de vez en cuando en algunas de las plantas del sembrado: semillas más grandes, tallos más fuertes, espigas firmes y no quebradizas, plantas de caña larga para techumbres, o ricas en colorantes para teñir, o simplemente más “bonitas”, pues el capricho ha estado presente de forma continua en el proceso de selección a lo largo de diez milenios. Escoger esas plantas parece algo natural, no necesita enseñanza ni asistencia a congresos.

<sup>2</sup> No *botánica*, que se basa en un concepto diferente; tampoco un *cultivar*, que es una variedad registrada (o protegida o patentada) siguiendo normativas legales.

Esa *selección intuitiva* es a la que los mejoradores llamamos hoy “masal”, y fue la única practicada en vegetales hasta la demostración de que las plantas tenían sexo, lo que motivó la introducción del cruzamiento manual en la obtención de nuevas variedades de plantas; la Mejora científica comienza en el siglo XVIII y se implanta en el XIX, y la base genética la adquiere a comienzos del XX. Toda la selección anterior a estas últimas etapas fue *intuitiva pero no inconsciente* como se suele repetir una y otra vez. Los autores antiguos han dejado constancia del cuidado que había que poner en la selección de semillas y propágulos para la siembra o plantación siguiente. Lamentablemente, pocas obras griegas nos han llegado, y no podemos saber cómo se elegía el material de reproducción para conseguir las generaciones siguientes; Teofrasto, aunque fue un auténtico pionero en el campo de la evolución de plantas cultivadas dos milenios antes de que la disciplina pudiera desarrollarse científicamente, no se ocupa de la selección; pero para él, un principio esencial para el desarrollo vegetal es la *localidad*, aún más importante que el propio cultivo, reconociendo, por tanto, la existencia de variedades locales y, a semejanza de la elección de propágulos en plantas leñosas, aconseja escoger las semillas de las regiones adecuadas: nunca, por ejemplo, llevar la semilla (siempre las mejores y más fuertes) de una región fértil a otra pobre, sino al revés: un principio lamarckiano que llegará a los mejoradores del siglo XX y...

Los romanos sí dejaron información abundante, sobre todo de Varrón y Columela. Bastarán unos párrafos para mostrar que se practicaba, al menos con las especies importantes, una auténtica labor de *selección consciente* (obsérvese que el concepto de *heredabilidad* está implícito en los párrafos que siguen):

De una cosecha que haya sido muy abundante y excelente conviene separar espigas en la era para conseguir la mejor semilla... (Varrón, 1.52.1.)

He visto [semillas] elegidas larga y espaciosamente degenerar, sin embargo, si cada año la voluntad del hombre no escogía, una a una, las mayores. (Virgilio, Geórgicas, 1:197-200)

Al acercarse la vendimia, las vides que llevaron a madurez fruto abundante y sano las marca con rojo... y no lo hace solamente un año, sino que *revisa esas mismas durante tres o más vendimias consecutivas* para ver si siguen siendo fecundas, *pues así se demuestra que la abundancia de fruto proviene de la nobleza de las vides, no del año*... Elegirás los renuevos que echen uva grande, de hollejo fino, de pocas y diminutas pepitas y de dulce sabor... (Columela *De arboribus*, 2-3; Re Rustica, 3.6.1-4 y 3.10.17.)

Los que tienen intereses... protegen con gran cuidado las crías de las cuadrigas más veloces... también nosotros esperamos abundantes cosechas al elegir sarmientos de las [vides] más fértiles... *cuando la fertilidad ha sido comprobada* [véase párrafo

anterior], se multiplica rápidamente mediante injertos... (Columela, 3.9.5-6.)  
 [en frutales] Elige renuevos... de árboles que cada año se carguen de frutos buenos y abundantes. (Columela, 5.10.6).

Un ejemplo griego: El trigo que se siembra hay que escogerlo de buena calidad, grueso, duro, terso, de color dorado y fértil en grado sumo... En cuanto a los granos de cebada, han de ser henchidos, gruesos, lozanos, blancos, muy pesados... Algunos seleccionan las espigas más gruesas, las que tienen granos henchidos y maduros, extraen de ella los mejores y los reservan para la siembra. (Geopónica, 16.1-3.)

Aún más claros y detallados son los caracteres que se daban para el ganado, pero caen fuera del objetivo de este capítulo. No me puedo resistir, sin embargo, y cualquier mejorador me lo agradecerá, a reproducir el primer caso de *retrocruzamiento* descrito en la Historia de la Genética, aunque sea en oveja. Mendel tardará más de dieciocho siglos en hacerlo en guisante. He aquí la descripción de Columela:

Pues cuando se trajeron a Cádiz... unos carneros salvajes y fieros, de colores admirables... Marco Columela, mi tío paterno... compró algunos... y los apareó con sus ovejas. Éstas parieron primero corderos hirsutos pero del color paterno que luego, habiendo sido apareados con ovejas tarentinas [de lana fina], engendraron corderos de vellón más suave. De estos, todo lo que se concibió nuevamente reprodujo la suavidad de la madre y el color del padre y del abuelo. De esta manera, [mi tío] decía que cualquier rasgo que se encontrara en bestias salvajes volvería a aparecer, mitigada su fiereza, en la generación de los nietos. (Columela 13.2.2.4-5.)

La domesticación causa un cambio drástico en la arquitectura de la planta, no tiene comparación ni con los cambios posteriores mediante selección. Dependiendo de cuál sea el órgano o parte de la planta objeto de la selección automática, los resultados pueden ser distintos y pueden afectar al hábito de crecimiento, a los ciclos reproductivos, a la pérdida de latencia de la semilla, la dehiscencia de frutos o infrutescencias indehiscentes, aumento del tamaño de órganos diversos, etc.

Una opinión muy extendida, que se encuentra en Teofrasto y que defendía el propio Darwin es que era el cultivo era el causante de tales cambios. Es una hipótesis, según se ve, puramente lamarckiana que confunde el efecto indudable del ambiente con la adquisición de nuevos caracteres hereditarios. En ese error no cayeron los autores romanos como se ha visto más arriba, pues aconsejaban comprobar a lo largo de varios años. La aparición de caracteres favorables cuando se empezó a cultivar no fue *causada* por el cultivo; las mutaciones son espontáneas y recurrentes en la naturaleza, pero si en ésta no son favorables, como le sucede al raquis firme (un solo bocado de un herbívoro acaba con la espiga), desapare-

cen muy pronto. El cultivo, mediante el mecanismo inconsciente de la selección automática, lo que hace es  *fijar el carácter, nunca producirlo*. La gran ventaja del cultivo es que permite multiplicar por infinito el número de individuos, por lo que la posibilidad de que aparezca  *en la parcela cultivada* una nueva mutación es mucho mayor que en las poblaciones naturales, normalmente exiguas en tamaño, pero es una consecuencia de la ley estadística de los grandes números, no algo intrínseco a la operación de cultivar.

## 1.4. De las primeras variedades a las variedades locales

Quede, pues, claro que  *se sabía seleccionar*. Resultado de las primeras selecciones conscientes fueron las primeras  *variedades*, aún en el lugar de la domesticación. Queda por ver cómo se produjo la inmensa variedad que llegó hasta nuestros días o, al menos, hasta los de Vavilov. Presentan una fuerte variación a nivel genético, puesto que proceden de mezclas de plantas que, por muy parecidas que fueran, no tenían grandes probabilidades de ser idénticas entre sí. Es uno de sus valores: el ser un auténtico  *banco de genes* para el futuro. De ahí el interés en su conservación aunque, en general, no tengan valor comercial en la agricultura actual  *de países desarrollados*.

Resumamos: la selección automática produjo las primeras “variedades”, casi idénticas a sus padres silvestres pero ya distintas en caracteres fundamentales, con su reproducción controlada por el hombre, esto es,  *domesticadas*. Toscas y primitivas, permitieron el paso a la Agricultura. Se sembrarían en densidades bajísimas para nosotros, pero enormes en comparación con las de las poblaciones silvestres. La consecuencia fue la existencia de un número inmenso de individuos entre los que aparecerían numerosas variantes tanto por mutación natural como por los cruzamientos con sus parientes silvestres, todavía tan cercanos, variantes que se seleccionaban conscientemente por agricultores que ya sabían lo que era conveniente para la nueva manera de producir alimentos.

Lo dicho no quiere decir que, una vez aparecidos los caracteres favorables, se extendieran con rapidez por importantes que fueran. Por ejemplo, en trigo y cebada, el raquis firme (indehiscente) de la espiga fue esencial para la siega; las formas indehiscentes aparecieron muy pronto, hacia 7.500 aC, pero las formas dehiscentes de raquis quebradizo (el carácter silvestre) aún eran frecuentes en la misma región dos milenios más tarde, a pesar de estar controlado por un solo gen (Tanno y Willcox, 2006). En la cebada, la de seis carreras aparece como mutación que convierte en fértiles las espiguillas estériles de la de dos, aparentemente permitiendo mayor producción, pero cada una mantuvo su “territorio”: la de dos adaptada a las lluvias tardías en los Montes Zagros y la de seis a la seca y cálida llanura mesopotámica.

Otro aspecto es el de la aparición  *sucesiva, no simultánea*, de caracteres favorables. Una vez  *fijado*, por ejemplo, el de la eliminación o reducción de la latencia seminal, lo que permite

ya cultivar grandes cantidades de individuos y recogerlos al mismo tiempo, es fácil, por la ya mencionada ley de los grandes números, que aparezcan nuevas características favorables que se van acumulando a lo largo del tiempo. Como las mutaciones son sucesos independientes entre sí, la aparición *sucesiva* de nuevos caracteres puede ser distinta de región en región y aun de lugar en lugar, lo que hace que la diversificación genética cuando un cultivo se difunde sea proporcional a esa difusión.

*La formación de facies varietales regionales y locales es, pues, un proceso que permitió la acumulación de una inmensa riqueza genética, riqueza producida por mutaciones espontáneas y de genes adquiridos por cruzamientos espontáneos, pero que de una manera natural nunca hubieran podido acumularse en forma de nuevas arquitecturas biológicas. Ese fue el buen trabajo de los agricultores a lo largo de milenios.*

En la inmensa colección de variedades cultivadas antiguas y modernas de todas las regiones del mundo que realizó Vavilov para la antigua URSS entre 1920 y 1940 observó que, para una especie dada, había variedades exclusivas de una región concreta, que denominó *endémicas* de tal región, mientras que otras se cultivaban en grandes extensiones. Es importante señalar, cosa que no se hace en la mayor parte de los textos que describen el método de Vavilov, que su definición de “Centro de origen” *no se basa en la “variación” a secas, sino en la abundancia de formas endémicas*. Valga un ejemplo: en la Península Ibérica encontró una gran riqueza en formas de trigo, pero la mayor parte de ellas se encontraban también en otras regiones; por el contrario, en el Próximo Oriente y en Etiopía existía una gran cantidad de formas no existentes más que allí, o sea, *endémicas*. Como es bien sabido, Vavilov pensó que tales formas *endémicas* se habían originado (esto es, domesticado) en dicho lugar y que éste era su *centro de origen como especie cultivada*. Pero encontró un buen número de regiones con especies claramente introducidas en ellas (el naranjo en el Mediterráneo, por ejemplo: su aporte por árabes primero y portugueses después era patente) y una enorme variedad que se podía considerar *endémica* aunque no fuera originaria; a tales regiones las denominó *centros secundarios* del cultivo en cuestión. El problema de Vavilov no era sólo ese; zonas de gran riqueza endémica en trigo, por ejemplo, eran el Próximo Oriente, Etiopía y el Turquestán; no caben tres zonas *de domesticación* del trigo porque aplicando los criterios de De Candolle para determinar dónde se domesticó un cultivo, trigos silvestres y restos arqueológicos continuos sólo existen en el Próximo Oriente (De Candolle, 1959/1882). Lo mismo sucedía con otras importantes especies cultivadas: a guisantes, lentejas y garbanzos les atribuyó nada menos que cuatro centros de origen: Asia Central, Próximo Oriente, Mediterráneo y Abisinia, cuando los hallazgos arqueológicos y botánicos a lo largo del siglo XX confirmaron el origen de todas ellas en el Próximo Oriente<sup>3</sup>. La pregunta obvia es *¿por qué tal capacidad de variación en unos lugares y no otros?*

<sup>3</sup> Lógicamente, Vavilov hubiera corregido su idea inicial de habersele permitido vivir, pues reformó sus hipótesis varias veces, la última en 1940, a medida que progresaba el conocimiento de sus materiales recogidos.

Paralelamente a su elaboración de “Centros” para explicar la variación encontrada en formas locales, Vavilov fue capaz de enunciar dos “leyes” (antiguamente todo hallazgo trataba de ser una “ley”) deducidas de los estudios estrictamente fitogeográficos de sus colecciones: la *ley de las variaciones homólogas* (si un carácter se encuentra en una especie se lo encontrará también en una especie relacionada; sus ejemplos en cereales y leguminosas son exhaustivos: Vavilov, 1949-50) y la de la *emancipación de los recesivos*: en su centro de origen se encuentran sobre todo alelos dominantes, abundando los caracteres recesivos en la periferia de las zonas de distribución y en áreas aisladas<sup>4</sup>.

La respuesta a dichos *porqués*, dentro de la más pura ortodoxia vaviloviana, empezó a comprenderse tras los estudios de J.R. Harlan mientras trabajaba en Turquía al servicio del Departamento de Agricultura de los EEUU. Observó la enorme variación que en algunas zonas de Anatolia mostraban cultivos americanos introducidos no hacía más de cuatro siglos, entre ellos calabazas, maíz y judía; en ese corto espacio de tiempo habían conseguido una diversidad de formas equiparable a las que llevaban domesticadas diez mil años en la misma región y que, por tanto, tenían su *origen* en ella. A tales “zonas calientes” las denominó *microcentros* como complemento *anatómico* de los centros de Vavilov (Harlan, 1951, 1971, 1992; Cubero, 2013). La explicación estaba contenida ya en la recientemente formada y bien elaborada Genética de Poblaciones y, por supuesto, en la teoría sintética de la evolución, coalescencia de los resultados (“leyes”) de Mendel, Galton, Darwin y de los estudios citogenéticos (Darlington, 1973/1956). La *ley de las variaciones homólogas* es consecuencia directa de la evolución biológica a partir de un ancestro común, y la *emancipación de los recesivos* junto con las *zonas calientes de formas endémicas* tienen su base en la dinámica de pequeñas poblaciones o *deriva genética* (Fontdevila y Moya, 1999) en sus numerosas facetas: efectos de muestreo, de colonización, de fundación, cuellos de botella, etc. En pocas palabras: si una población se mantiene con gran número de individuos, las frecuencias génicas se mantendrán estables dentro de fluctuaciones estadísticas, pero siempre en torno a una media como corresponde a la ley de los grandes números. Si, por el contrario, se toma de tal población una muestra pequeña, las frecuencias génicas no tienen por qué ser las mismas de la población inicial, y al multiplicarse la estructura genética será distinta de esta última. Si se extraen muchas muestras pequeñas, cada una reproducirá una composición genética distinta no sólo de la inicial sino de unas con otras. De ahí la denominación del fenómeno como *deriva genética*.

Vavilov no llegó a conocer tales desarrollos; su mérito indudable fue deducir *por mera observación* dos “leyes” deducibles de sencillos modelos matemáticos de genética de poblaciones. En efecto, los agricultores que abandonaban su poblado para buscar nuevos horizontes no iban cargados con grandes pesos; llevaban, todo lo más, algunos puñados de semillas,

---

<sup>4</sup> Ambas “leyes” siguen teniendo importancia a la hora de tratar la recolecta de recursos fitogenéticos.

incluso pensando tan sólo en usarlas como alimento: *pequeñas poblaciones, cuellos de botella, efecto colonizador o fundacional...*: todo ello es lo mismo: *deriva genética, fijación al azar de alelos* y, por tanto, *emancipación de recesivos, formación de facies locales diversificadas*.

Y respecto a las “zonas calientes” de los “centros de origen o variación” de los “microcentros”, la explicación se basa asimismo en la teoría de pequeñas poblaciones. Tales zonas (Absinia, Turquestán, Anatolia...) eran regiones de orografía atormentada, con pequeños valles aislados por grandes montañas, facilitando el aislamiento de poblaciones humanas, animales y vegetales. Otros de tales centros riquísimos en formas locales constaban de muy diversos ambientes ecológicos (Mesoamérica, Perú) o eran regiones culturalmente heterogéneas (la región mediterránea). En algunos de tales centros se daban todas las posibles heterogeneidades, como en Abisinia por ejemplo. Sencillamente, una especie ya domesticada en una zona había llegado a otra y, en un país heterogéneo geográfica, climática o culturalmente, se había diversificado en ella, como ocurrió con la llegada a Abisinia de trigos, cebadas, guisantes y garbanzos que, siguiendo los criterios tan antiguos como actuales de De Candolle, tienen claramente su origen en el Próximo Oriente.

Nada de lo dicho desmerece el inmenso trabajo de Vavilov; si bien sus “centros” hoy se consideran de “variación” y no “de origen” y se siguen otros tipos de exposición de la variación encontrada (Zeven y de Wet, 1982), siguen siendo esenciales para la localización de formas primitivas de innumerables cultivos.

La deriva genética como consecuencia de la emigración humana y fragmentación de las variedades vegetales, siendo importante, no es la única vía que ha producido facies locales. A J.R. Harlan también se le debe una importantísima aportación en este sentido tras su exhaustivo estudio del sorgo (resumido en Harlan, 1992). Su domesticación ocurrió en una inmensa extensión, la sabana africana, y Harlan comprobó las similitudes morfológicas y caracteres comunes entre las variedades cultivadas en un determinado lugar y las poblaciones de sorgo silvestre cercanas, solapantes incluso. No sólo elaboró con esas observaciones sus ideas de las *malas hierbas compañeras*, sino que explicó de forma sencilla la existencia de una gigantesca diversidad varietal, no en este caso no por efectos de deriva genética sino de cruzamiento e introgresión. El mismo mecanismo explica las variedades locales de la judía común a lo largo de la cordillera andina desde Mesoamérica hasta el norte de Argentina, la colza en Eurasia y la mandioca en la zona tropical de Sudamérica: las variedades primitivas se domesticaron en cada lugar, y la introgresión con las formas silvestres cercanas siguió diferenciando las facies locales y regionales.

No sería lícito terminar esta sección sin decir que no nos debe confundir el adjetivo “local” referido a una variedad. Desde muy antiguo (se encuentra la referencia ya en Teofrasto) los agricultores han tenido la costumbre de intercambiar sus variedades para “refrescar” el

cultivo, sobre todo tras una época de malas cosechas; los colectores de germoplasma no han tenido cuidado, en general, a la hora de fijar las coordenadas de una muestra: “local” sí, pero ¿de dónde...? Bien es cierto que, al cabo de unos años, la variedad introducida se ha cruzado o mezclado con las autóctonas y todo vuelve a ser “local”.

## 1.5. Variedades locales y tradicionales.

Creo que, como final de este capítulo, debo establecer una distinción entre unas y otras. Son conceptos muy cercanos pero no hay correspondencia biunívoca entre ellas. La patata “Bintje” fue obtenida a finales del XIX por un maestro de escuela en Holanda en su huerto casero, y sigue siendo la bandera de la patata holandesa. No es local, pero sí tradicional. El trigo “Senatore Capelli” es tradicional pero en modo alguno local. La diferencia estriba en si ha habido trabajo o no de mejoradores ya sean aficionados (la Bintje) o profesionales (Senatore Capelli).

Porque, en efecto, el largo periodo de *mejora o selección intuitiva* duró miles de años, transmitiéndose de padres a hijos materiales y criterios, hasta que se tuvo la base científica necesaria para operar de otra manera. El cambio tiene un doble origen: de una parte, la mayor exigencia de un mercado económicamente poderoso como el británico ya en el XVIII (las primeras listas de variedades hortícolas son de esa época<sup>5</sup>), y de otra el descubrimiento, realizado a fines del siglo XVII, de la reproducción sexual en las plantas, lo que permite planificar cruzamientos entre variedades desde nada menos que 1717.

Ambos hechos confluyen en la obtención de ornamentales y de hortícolas desde finales del XVIII y en la intensificación de la selección, que utiliza nuevas técnicas como la *evaluación de descendencia* introducida con total éxito en remolacha azucarera por la Casa Vilmorin en Francia a mediados del XIX (y con total fracaso en trigo: hasta el estudio de Johannsen y la definición de *líneas puras* no se supo la razón). A caballo entre el XIX y el XX, Luther Burbank lleva la mejora por cruzamiento a su plenitud, si bien basado en su intuición genial; el primer texto de Mejora de Plantas (Bailey, 1895) se escribe, con tal nombre, a finales del XIX. Los dos primeros Congresos Internacionales de Mejora tienen lugar antes del fin del siglo<sup>6</sup>. En poco más de un siglo, la Mejora ha avanzado: ahora no es *intuitiva* sino *científica* aunque aún no *genética*. Existe la profesión de *mejorador* (aunque se lo llame jardinero, botánico, etc.) desligada ya del agricultor, que se desentiende cada vez más de hacer su propia selección. Y empiezan a surgir nuestras variedades *hoy tradicionales* que no son *locales* aunque se basen en ellas, las únicas existentes hasta entonces.

---

<sup>5</sup> La Sociedad de Jardineros de Chelsea le encargó al botánico J. Miller la elaboración de un catálogo porque *querían proteger su buen nombre mediante la correcta identificación de sus productos*.

<sup>6</sup> Y el tercero *se transforma*, a sugerencia de Bateson, en el *tercer Congreso Internacional de Genética*.

Al no existir una doctrina que explicara los cambios a escala genética, como fue la mendeliana, se procedía por intuición, normalmente sobre una base lamarckiana. He aquí algunos ejemplos (Bailey, 1895; Blaringhem, 1919):

Thomas Andrew Knight: ley de que el exceso de alimento es la causa de la variación en plantas.

Darwin: De todas las causas que inducen variabilidad, el exceso de alimento es probablemente la más poderosa.

Bailey: Como el alimento llega desigualmente a las ramas, las variedades de yema (“sports<sup>7</sup>”) difieren tanto entre sí como las de semilla.

El consejo general partía obtener nuevas variedades era “romper el tipo”, esto es, conseguir variación en la descendencia mediante prácticas basadas en conseguir una mejor nutrición. El tipo también se “partía” llevando una variedad local a otro lugar: su heterogeneidad genética permitía que se diferenciaran distintos tipos más aptos en las nuevas condiciones. También se “partía” por cruzamiento.

Las tendencias eran o seleccionar en el mejor de los ambientes posibles (Hallet) o en el más duro posible (Rimpau). Curiosamente, la técnica de Hallet se sigue hoy para hacer que los genotipos muestren toda su potencia (se minimiza la influencia ambiental y se maximiza, por tanto, la heredabilidad) y la de Rimpau en los casos en que se busca resistencia o tolerancia a condiciones adversas.

Todos tenían éxito, pues se partía de poblaciones *locales* de baja producción (los agricultores antiguos nunca buscaron el máximo rendimiento, sino el mínimo riesgo: preferían que fuera bajo *pero constante* a uno alto y anárquico) y bastaba un sencillo trabajo de selección con ideas claras del tipo a conseguir y buena capacidad de observación para llegar a un buen resultado, a nuestras *variedades tradicionales*.

El redescubrimiento de las leyes de Mendel en 1900 permite el nacimiento y desarrollo espectacular de la *Mejora genética* en el siglo XX no sólo a causa del conocimiento de las leyes de la herencia sino por la aparición y aplicación de ciencias como la Bioquímica, la Biometría, la Citología, etc. Pero no se crea que el mendelismo fue unánimemente aceptado; fue, aunque por poco tiempo, *un tipo más de herencia* (Blaringhem, 1919), aparte de su rechazo frontal por los biométricos de la escuela de Galton y Pearson (y de los darwinistas estrictos). Se le acusó de utilizar un material insignificante (el guisante), observar caracteres simples... Pronto aparecieron aparentes excepciones: ligamiento, interacciones génicas. También se criticó el exagerado

---

<sup>7</sup> Traducidos en no pocos textos españoles como “variaciones deportivas”

optimismo de que se iban a obtener variedades “a la carta”<sup>8</sup>. Y ¿por qué aceptar una nueva teoría si se funcionaba ya muy bien...? Sin contar con la persistente atracción del lamarckismo en la que cayó, para explicar la herencia, el propio Darwin...

Tras la segunda guerra mundial se produce la expansión de la agricultura de altos rendimientos y una invasión de productos (variedades) que no están seleccionados *in situ*, con el consiguiente barrido de variedades autóctonas y de hábitats completos. Surge *la urgencia* (*la necesidad* ya se había puesto de manifiesto a principios de siglo por Vavilov y Harlan, entre otros) de recoger germoplasma. Repito que *no es un asunto romántico, no se trata de “conservar el reloj del abuelo” sino de algo que tiene profundas repercusiones económicas y sociales para el futuro.*

## 1.6. Referencias

- Bailey, L.H. 1895. Plant Breeding. Mac Millan and Co., New York, EEUU.
- Blaringhem, L. 1919. Les problemas de l’Hérédité expérimentale. Ernest Flammarion, Éditeur, Paris.
- Columela. De los trabajos del campo. Trad. de A. Holgado Redondo, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1988.
- Cubero, J.I. 2013. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. 3ª edición. Paraninfo/Mundi Prensa, Madrid.
- Cubero, J.I. 2016 (en prensa). Historia General de la Agricultura. Ed. Almuzara. Córdoba.
- Cubero Salmerón, J.I., Nadal Moyano, S., Moreno Yangüela, M.T. 2006. Recursos Fito-genéticos. Editorial Agrícola Española, Madrid.
- Darlington, C.D. 1973 (1956). Chromosome Botany and the origins of cultivated plants. 3rd ed. Hafner Press, New York, EEUU.
- Darwin, Ch. 1969 (1868). The variation of animals and plants under domestication, in two volumes. John Murray, Londres, Inglaterra. (Reimpresión anastática, Culture et Civilization, Bruselas, Bélgica).
- De Candolle, A, 1959 (1886, 2ª ed.; 1ª en 1882). Origin of cultivated plants, Hafner, Nueva York, EEUU.
- Fontdevila, A., Moya, A. 1999. Introducción a la genética de poblaciones. Editorial Síntesis, Madrid.
- *Geopónica o extractos de agricultura de Casiano Baso*. Meana, Mª J., Cubero, J.I. y Sáez, P., INIA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1998.
- Harlan, J.R. 1951. Anatomy of gene centers. American Naturalist, 85:97-103.
- Harlan, J.R 1971. Agricultural origins: Centers and Noncenters. Science, 174:468-474.

---

<sup>8</sup> ¿Le suena familiar esta expresión al lector? ¿Recuerda lo que se dijo de la Biotecnología?

- Harlan, J.R. 1992. *Crops and Man*. American Society of Agronomy, Madison, Wis., EEUU.
- Hedrick, U.P. (ed.) 1972 (1919). *Sturtevant's edible plants of the World*. Dover Publ., New York, EEUU.
- Tanno, K., Willcox, G. 2006. How Fast Was Wild Wheat Domesticated? *Science*, 311 (5769): 1886.
- Varrón. *Rerum Rusticarum Libri III de Marco Terencio Varrón, traducción y comentarios por J.I. Cubero*. Junta de Andalucía, Sevilla, 2010.
- Vavilov, N.I. 1949-50. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. The Chronica Botanica Company, Waltham, Mass., EEUU.
- Zeven, A.C., de Wet, J.M.J (1982). *Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity, excluding most ornamentals, forest trees and lower plants*. PUDOC, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Holanda.
- Zohary, D., Hopf, M<sup>a</sup>, Weiss, E. 2012. *Domestication of plants in the Old World*. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra. 4<sup>a</sup> edición: la primera (1988), con el mismo título y editorial, sólo tuvo como autores a Zohary y Hopf.

## **2. Erosión genética y reemplazo de variedades tradicionales**

---

### **José María Carrillo**

Unidad de Genética y Mejora de Plantas. Departamento de Biotecnología y Biología Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria. Madrid 28040  
josem.carrillo@upm.es

**2.1. Qué es la erosión genética**

**2.2. Causas de la erosión genética**

**2.3. Estimación de la erosión genética**

**2.4. Variedad tradicional o local**

**2.5. Sustitución de variedades tradicionales por variedades modernas**

**2.6. Sustitución de variedades tradicionales en España**

**2.7. Reemplazo de variedades y erosión genética**

**2.8. La mejora genética y la erosión genética**

**2.9. Referencias**

## 2.1. Qué es la erosión genética

La erosión genética es la pérdida de diversidad genética en una especie. La diversidad biológica o biodiversidad se refiere a la variación presente en el mundo vivo, mientras la diversidad genética representa la variación heredable, es la suma de las características genéticas en una especie o género (Rao y Hodgkin, 2002). Se diferencia de la variabilidad genética, que describe la variación dentro de esas características genéticas. La erosión genética es un proceso por el que se pierde una parte del acervo genético de una especie en una región específica. Puede incluir desde la pérdida de alelos individuales o combinaciones de genes a la pérdida de genotipos o subespecies en un determinado cultivo. La última pérdida de la diversidad genética en una especie es su extinción.

La diversidad genética mide la variación genética en una población o especie. Se genera por mutaciones, y cambios alélicos debidos a la selección, migración y deriva genética. Estas fuerzas están afectadas por la interacción de la planta con su ambiente físico y biótico, por las intervenciones humanas y por el sistema reproductivo de la especie. La diversidad genética representa el material esencial para que las especies evolucionen y se adapten.

La primera utilización del término “erosión genética” fue en referencia a la pérdida de razas o variedades primitivas de las plantas cultivadas conforme eran sustituidas por nuevas variedades más productivas (FAO, 1967). La Sociedad Europea para investigación y mejora de plantas (EUCARPIA) en su tercer congreso general en 1962 destacó el peligro de la pérdida de los recursos genéticos. El uso en sentido amplio de la erosión genética como pérdida de variedades o especies fue ampliado después para incluir explícitamente a la pérdida de alelos. Por erosión genética en sentido estricto, Qualset et al. (1997) proponen el término reemplazamiento génico o erosión alélica cuando variedades locales son sustituidas por nuevas variedades, dando como resultado la sustitución de alelos alternativos dentro de la misma especie.

En FAO (1998 y 2010), en el primero y segundo Informe del estado de los recursos Fito-genéticos para la alimentación y agricultura, se establece explícitamente los dos usos del término erosión genética, en sentido estricto como pérdida de genes o alelos, y en sentido amplio refiriéndose a la pérdida de variedades. En FAO (1998 y 2010), la erosión genética es mencionada junto con la vulnerabilidad genética. Se define como la situación que se produce cuando un cultivo ampliamente difundido es susceptible de manera uniforme a un peligro creado por una plaga, un patógeno o el medio ambiente como consecuencia de su constitución genética, abriendo así la posibilidad de pérdidas generalizadas del cultivo. La uniformidad genética genera vulnerabilidad, que está inversamente relacionada con la diversidad genética presente localmente, en particular con la diversidad local que aporta la capacidad para adaptarse a nuevos patógenos y condiciones ambientales cambiantes (Brown, 2008).

## 2.2. Causas de la erosión genética

Una de las causas principales de la erosión genética, según FAO (1998) es el reemplazamiento de las variedades locales por las variedades modernas. Al ser sustituidas las variedades antiguas en los campos de los agricultores por otras nuevas, frecuentemente ocurre la erosión genética, debido a que los genes presentes en las variedades de los agricultores no están contenidos en las nuevas variedades. Además se reduce el número de variedades cuando las variedades comerciales se introducen en el sistema tradicional. Otras causas de la erosión genética incluyen la emergencia de nuevas plagas, enfermedades y malas hierbas, la degradación ambiental, la urbanización y deforestación.

Un gran número de trabajos coincide en que la principal causa de la erosión genética ha sido y es la implantación generalizada de la agricultura moderna o industrializada. Existe un consenso en que la erosión genética se produce principalmente como resultado del cambio de los sistemas de producción tradicionales, de los que dependen las variedades locales, a los sistemas de producción modernos, a los que se adaptan las variedades modernas provenientes de la mejora (FAO, 2010).

## 2.3. Estimación de la erosión genética

La cuantificación de la erosión genética depende de cómo se mide la pérdida de la diversidad genética. La diversidad genética ha sido estimada convencionalmente en base a diferentes técnicas biométricas (análisis de divergencia y análisis de componentes principales), índice de diversidad genética (H) o coeficiente de parentesco, utilizando datos morfológicos, agronómicos y bioquímicos. La evaluación basada en datos fenotípicos es laboriosa y lleva años para obtener una buena conclusión.

El advenimiento de diferentes técnicas moleculares ha permitido una estima más rápida y precisa de la diversidad genética y de la estructura de las poblaciones. Las técnicas moleculares controlan la variación genética al nivel elemental del ADN. No solo es posible diferenciar dos individuos o dos copias de un gen, pueden también situarlos en una relación o jerarquía filogenética con respecto a la anterior (Crozier, 1997; Brown, 2008). Los cambios en las secuencias del ADN introducen una perspectiva temporal y miden procesos evolutivos como la migración y los sistemas de mejora.

La erosión genética no implica necesariamente la extinción de una especie ni de una subpoblación, si representa una pérdida de variabilidad o diversidad, en sentido estricto serían pérdidas de genes o alelos. La diversidad genética comprende dos aspectos fundamentales, la riqueza y la uniformidad. La riqueza es el número de diferentes tipos de individuos presentes sin tener en cuenta sus frecuencias, en términos genéticos sería la cantidad total de

alelos presente, y la uniformidad es la similitud de las frecuencias de las diferentes variantes de individuos o la frecuencia relativa de los diferentes alelos (Brown, 2008). Se puede medir la erosión genética como la proporción de riqueza de diversidad genética que no existe en las poblaciones actuales de los cultivos cuando se compara con la existente en las variedades locales.

La erosión genética, como proceso, es difícil de cuantificar en un índice. Bonneuil et al. (2002) desarrollaron un indicador de la diversidad genética de los cultivos que tiene en cuenta la riqueza varietal, la uniformidad espacial, la diversidad genética entre variedades y la diversidad genética dentro de cada variedad. Un mayor número de variedades (riqueza varietal) puede significar menos diversidad cuando su estructura genética es más similar (efecto diversidad genética entre variedades), o cuando variedades locales más diversas son reemplazadas por líneas homogéneas (efecto diversidad dentro de variedad), o cuando una o pocas variedades llegan a ser hegemónicas en la región (efecto uniformidad espacial).

## **2.4. Variedad tradicional o local**

Las variedades locales o primitivas (en la bibliografía inglesa se designan generalmente con el nombre de "landrace") han tenido un papel fundamental en la historia de los cultivos. Existen desde el origen de la agricultura (Zeven, 1998). Durante ese tiempo han estado sujetas a modificaciones genéticas por las interacciones humanas y estreses abióticos y bióticos. Los agricultores sembrando, cosechando y guardando parte de las semillas para la siguiente siembra durante milenios han enriquecido el acervo genético de los cultivos promoviendo diversidad intraespecífica (Frankel et al., 1998). Este ciclo ha permanecido hasta la llegada de la mejora genética científica y la aparición de variedades altamente productivas que reemplazaron a muchas variedades tradicionales (Harlan, 1975). Aunque en los años 1960 se anunció que las variedades locales desaparecerían inevitablemente, continúan teniendo un papel importante en la producción agrícola, en ambientes marginales y en ciertos nichos de mercado por razones culturales. Actualmente están teniendo importancia en sistemas agrícolas alternativos, como en la agricultura orgánica (Negri et al., 2000).

El concepto de variedad local más aceptado es el que definió Harlan (1975), una población de un cultivo con tres características básicas, variabilidad de genotipos, una cierta integridad genética que ha evolucionado a través del cultivo en un sistema agrícola tradicional, y adaptación a un ambiente local específico.

## 2.5. Sustitución de variedades tradicionales por variedades modernas

Se ha estimado que puede haber unas 500.000 especies de plantas superiores, de las que 250.000 han sido identificadas o descritas. Aproximadamente unas 30.000 son comestibles y aproximadamente 7.000 han sido cultivadas o recolectadas por el hombre como alimento o uso.

A nivel específico, es ampliamente reconocido que el rango de especies cultivadas ha decrecido en el siglo pasado. Se estima que actualmente solo 30 cultivos proveen el 95% de los requerimientos de calorías y proteínas, y trigo, arroz y maíz aportan más de la mitad de la energía derivada de las plantas. Si se añaden otros siete cultivos, sorgo, mijo, patata, patata dulce, soja y azúcar (caña y remolacha) aportan el 75% de la energía que se toma (FAO, 1996). Se estima que el 75% de la diversidad de cultivos se ha perdido entre 1900 y 2000, y que la erosión genética continua (FAO, 2010).

La adopción de cultivares modernos sustituyendo las variedades tradicionales ha variado considerablemente entre países, regiones y cultivos. En los sistemas agrícolas altamente desarrollados de Norteamérica y Noroeste de Europa, la sustitución de variedades tradicionales de los cultivos extensivos importantes por variedades modernas se había completado cuando en los años 1970 la Revolución Verde comenzaba en los países en desarrollo. Por ejemplo, en el Reino Unido solo unas pocas variedades tradicionales de cereal sobrevivieron en el siglo veinte, fueron reemplazadas por variedades modernas (Scholten et al., 2011), y en Holanda la mayoría de cultivares locales de cultivos extensivos habían desaparecido a mediados del siglo pasado (Van de Wouw, 2009). En Norteamérica y Noroeste de Europa las variedades tradicionales han llegado a estar casi ausentes. En países en desarrollo la situación puede ser bastante diferente. Para cultivos con programas de mejora nacional e internacional, como el trigo, el arroz y el maíz, la adopción de variedades modernas es mayor que en otros cultivos (Evenson, 2003), con la consiguiente desaparición de variedades tradicionales en el campo.

## 2.6. Sustitución de variedades tradicionales en España

El INIA en 1995, en el Informe Nacional para la Conferencia Técnica Internacional de la FAO en Leipzig, (FAO, 1996) sobre los Recursos Fitogenéticos, refleja el grado de utilización por los agricultores de las variedades locales y cultivares antiguos:

- En cereales de invierno (trigo, cebada, avena y centeno) prácticamente el 100% de las variedades han sido sustituidas por otras mejoradas, excepto en el caso del centeno, cultivo en retroceso y del que en pequeñas explotaciones del norte de la Península, de carácter montañoso, se pueden encontrar variedades locales.

- En cereales de primavera (maíz, sorgo y arroz), la situación es igualmente precaria. Aunque se pueden encontrar algunas variedades de maíz en pequeñas explotaciones de la zona norte y de sorgo en el Valle del Ebro, en explotaciones comerciales han sido sustituidas al 100% por variedades mejoradas (híbridos). Las variedades de arroz son al 100% mejoradas.
- En leguminosas de grano se utiliza un alto porcentaje de variedades locales, tanto para consumo humano como para pienso. Algunos tipos de estas variedades, debido a su alta calidad organoléptica, están en recuperación para incluirlas en planes de mejora.
- En cultivos extensivos industriales, (girasol, algodón, remolacha, etc.) la totalidad de las variedades son mejoradas. Solamente se pueden encontrar algunas variedades locales de girasol blanco para consumo directo como pipa.
- En hortalizas, con la excepción de algunos cultivares antiguos de alta calidad organoléptica (por ejemplo, pimiento, tomate, cebolla y melón), la mayoría han sido sustituidas por variedades mejoradas, comercializadas en gran parte por empresas multinacionales destinadas a los mercados interiores y de exportación. Y por otro lado, las hortalizas que se cultivan en pequeños huertos suelen ser en una gran proporción variedades tradicionales destinadas al autoconsumo. El problema de estas fincas es, habitualmente, su ubicación en zonas de poca importancia hortícola, o terrenos marginales y su uso por personas de avanzada edad, por lo que están en franco retroceso.
- Las especies forrajeras y pratenses son en su mayoría material mejorado normalmente a partir de variedades autóctonas, exceptuando la alfalfa y la veza en las que predomina el uso de variedades nacionales tradicionales.
- En especies ornamentales, predomina el material foráneo sobre el autóctono en flor cortada; particularmente en rosal, clavel y plantas de bulbo. Últimamente se está promoviendo el uso de especies autóctonas para jardinería de exterior e interior.
- En frutales podemos diferenciar varios casos. En la vid para vinificación, se suelen usar cultivares antiguos, normalmente asociados a las denominaciones de origen o zonas de cultivo, aunque en algún caso sean de origen foráneo. No ocurre lo mismo para la uva de mesa, donde predominan las variedades mejoradas. En cítricos, el 100% son variedades mejoradas o seleccionadas a partir de cultivares antiguos. Las variedades de olivo son normalmente cultivares autóctonos. En frutales caducifolios, sólo predominan variedades antiguas en el caso del almendro, albaricoquero y algunos tipos de melocotón, además de aquellos de menor importancia comercial como son higueras, granados o acerolos. En frutales subtropicales, aunque el material original no era autóctono, muchas de las variedades han sido mejoradas y seleccionadas por los propios agricultores, considerándolas como del país.

Como conclusión, puede decirse que los cultivares antiguos o las variedades locales que los agricultores conservan y utilizan todavía, o bien, es porque tienen unas características de calidad o adaptación no superadas por las variedades mejoradas que oferta el comercio, o bien se mantienen por tradición allí donde no son objeto de consideración económica.

En el II informe sobre el estado de los recursos Fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en España (FAO, 2010), el Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIA informa sobre la diversidad genética en las plantas cultivadas en los últimos diez años en las diferentes regiones españolas, sirviéndose de respuestas enviadas por diferentes instituciones del país involucradas en la conservación de los recursos fitogenéticos. En los últimos 10 años los cambios han incidido de forma negativa en la diversidad genética en España.

En Asturias ha disminuido la diversidad en hortícolas, frutales, judías y escanda; en Galicia ha disminuido el cultivo de maíz, sustituido por variedades híbridas y de coles por cambios en los usos del suelo; en el País Vasco se ha consignado una disminución de la diversidad en patatas y cereales, por disminución del número de variedades cultivadas

En Cataluña se indica que ha disminuido la diversidad en olivo, avellano, nogal, algarrobo, peral y manzano; en Valencia ha disminuido la diversidad en hortícolas y en algunos frutales como el membrillero o el peral y el aumento del cultivo de granado; en Murcia se ha reducido la diversidad en frutales; en Andalucía ha disminuido el cultivo de vid. Estudios de diversidad molecular indican que ha aumentado el de frutales tropicales como chirimoya, aguacate, mango y lichi.

En Extremadura, considerando la evolución de la superficie cultivada, sólo se cita la disminución de la diversidad en altramuza, mientras que ha aumentado para leguminosas pratenas, cereza, higuera y plantas aromáticas; la única información disponible de la Comunidad de Madrid es la que se refiere a la vid, de la que se indica que ha aumentado la diversidad por el incremento varietal de las cepas que se están plantando.

En Castilla León ha disminuido la diversidad de leguminosas grano y remolacha por disminución de la superficie dedicada a variedades tradicionales. La única especie cuya diversidad se ha incrementado en esta región es el maíz.

En Castilla La Mancha, la información proporcionada por las instituciones oficiales de control de superficies, indica que ha bajado la diversidad en leguminosas grano, plantas aromáticas y medicinales, ajo y sauce.

En Navarra se ha incrementado la superficie de manzano y vid.

En el caso de las Islas Canarias se indica que ha aumentado la diversidad en pimiento, especies del género *Allium* y Musa y que ha disminuido en gran número de cultivos: patata, batata, trigo, judía, castaño, caqui, higo y escobón (*Chamaecytisus*). La Palma aporta información derivada de la evolución de los cultivos en el campo que se indican que se ha perdido diversidad en cereales y leguminosas, raíces y tubérculos, plantas forrajeras y frutales.

## 2.7. Reemplazo de variedades y erosión genética

Ya en la domesticación, las especies experimentaron un estrechamiento (bottleneck) genético puesto que solo parte de la diversidad silvestre pasó a las especies domesticadas ( Tanksley y McCouch, 1997). Un estrechamiento genético posterior fue causado por la dispersión del cultivo, que puede ser más severo que el de la domesticación si solo unos pocos individuos se dispersan por el mundo. Un ejemplo extremo fue la introducción del café en Sudamérica, que puede ser situado en descendientes de una sola planta (Simmonds, 1976).

En el proceso de sustitución de las variedades tradicionales, se pueden distinguir dos fases en cuanto a la pérdida de diversidad genética. En el primer ciclo de mejora en la primera fase, durante la transición inicial, disminuyó la diversidad. Durante las décadas siguientes en la segunda fase de introducción de nuevas variedades ha habido fluctuaciones temporales en diversidad (Rauf et al., 2010; FAO, 2010; van de Wouw et al., 2010). La estimación de la erosión en sentido amplio, como pérdida de cultivares tradicionales, se suele basar con frecuencia en la comparación del número de variedades tradicionales en dos diferentes tiempos. La simple utilización del número de variedades, como indicador de diversidad, puede acarrear algunos problemas en la estima de la erosión. Pueden darse duplicaciones a veces inadvertidas en accesiones similares o idénticas con diferente nombre. Los caracteres o alelos presentes en un cultivar perdido, podrían estar presentes en otro cultivar o variedad, aunque en diferentes combinaciones.

En la primera fase de la erosión, la mayoría de estudios que comparan grupos de variedades tradicionales y variedades modernas muestran una reducción en los dos aspectos de la erosión genética, tanto en riqueza como en uniformidad de los alelos. Roussel et al. (2004) describe la diversidad genética utilizando microsatélites en 559 accesiones francesas de trigo blando (tradicionales y registradas) cultivadas entre 1800 y 2000. Hubo una reducción de 25% en riqueza alélica entre tradicionales y registradas. En Ruiz y Carrillo (2008) se comparan alelos de gliadinas entre variedades españolas tradicionales y registradas de trigo duro. La diversidad genética disminuyó de manera significativa y se observaron diferencias significativas cuantitativas y cualitativas en las frecuencias alélicas. La diversidad genética disminuyó en los 70 y 80 y hubo un ligero incremento en los 90. Nazco et al. (2014) analizaron subunidades de gluteninas en germoplasma mediterráneo de trigo duro, 155 variedades y 18 variedades modernas. El índice de diversidad era significativamente menor en las variedades modernas (0.38) que en las tradicionales (0.71). Nersting et al. (2006) compararon

variedades tradicionales de avena con variedades registradas desde 1940 hasta 2000. Hay una reducción en el índice de diversidad en las registradas en todos los periodos de tiempo, cada dos décadas, comparando con las tradicionales. Thomson et al. (2007) caracterizaron 330 accesiones de arroz (246 tradicionales y 63 mejoradas) utilizando microsatélites. Las variedades mejoradas mostraron reducción en el índice de diversidad (0.46) comparando con las tradicionales (0.53).

La segunda fase en la erosión genética se refleja en las diversas tendencias en diversidad genéticas en las variedades cultivadas después de que la sustitución de las variedades tradicionales se hubiera completado por variedades modernas. Algunos estudios muestran una disminución de la diversidad a lo largo del tiempo. Fu et al. (2003) analizan cambios en diversidad genética en 96 variedades de avena registradas en el siglo pasado. No se detectan cambios significativos en la diversidad entre variedades registradas en diferentes periodos de mejora. Hay disminución significativa de alelos en variedades registradas después de 1970. Reif et al. (2005) estudian las tendencias temporales en diversidad en 85 híbridos de maíz cultivados en Alemania de las cinco últimas décadas. Observaron descenso significativo en la diversidad genética. Hao et al. (2006) analizan 1680 variedades chinas modernas de trigo blando. La diversidad genética ha ido disminuyendo a partir de 1960 y en las variedades más actuales ha llegado a ser más estrecha.

Otros autores observaron una disminución en los niveles de diversidad y un posterior incremento. Malysheva-Otto et al. (2007) estudian cambios en la diversidad genética en 504 variedades europeas de cebadas registradas en el siglo veinte. De las variedades del primer periodo (hasta 1930) se ha perdido el 15,7% de alelos comparando con las cultivadas actualmente. Por otro lado, aparecen 51 alelos nuevos en el último periodo (1980-2000). Rousset et al. (2004) en el análisis de 559 accesiones francesas de trigo blando, cuando consideran sólo las variedades registradas no hay diferencias cuantitativas en diversidad, excepto a finales de 1960 que hay un estrechamiento genético, y un cambio positivo de diversidad a partir de 1970. Qi et al. (2006) caracterizaron la diversidad genética de 453 variedades de arroz registradas en los últimos 50 años. La diversidad genética decreció desde 1950 hasta 1980, y posteriormente se incrementó de manera significativa.

Las fluctuaciones están asociadas con efectos de estrechamiento. Algunos fueron asociados con la introducción de nuevo germoplasma (Orabi et al., 2014). Algunos programas de mejora han revertido la tendencia post-variedad tradicional, alcanzando mayores niveles de diversidad. Ren et al. (2013) observaron un significativo aumento en la diversidad de trigo duro para variedades registradas durante 1980-2000. Parker et al. (2002) concluyeron que la diversidad genética en 124 variedades de trigo australiano se incrementó a lo largo del tiempo. Rauf et al. (2010) mostró que la introducción de pedigrís de diversas variedades locales en líneas de trigo del CIMMYT incrementó la diversidad, sobrepasando la anterior

a la Revolución Verde. Orabi et al. (2014) encontraron que durante el periodo 1886-2009 la diversidad en las variedades europeas de trigo había disminuido hacia 1940 como resultado del abandono de las variedades tradicionales. Sin embargo, durante los años de la década de 2000, las variedades europeas alcanzaron niveles mayores de diversidad que los exhibidos por los cultivares tradicionales.

Van de Wouw et al. (2010), analizando un número amplio de publicaciones en un meta análisis de diversos índices de diversidad demuestra que en 8 diferentes especies cultivadas, cultivos extensivos importantes con énfasis en cereales, no ha habido una reducción sustancial de diversidad en el siglo veinte. Una reducción significativa del 6% en diversidad en los años 1960 comparando con la diversidad en los años 1950. A partir de 1970 la mejora ha sido capaz de incrementar la diversidad de las variedades registradas. En los años 1960 la introducción de variedades provenientes de la Revolución verde para importantes cultivos extensivos llevó a la preocupación de que desapareciera la diversidad. El establecimiento de la red internacional de bancos de germoplasma, propiciada por los centros de investigación del CGIAR facilitó a los mejoradores a nivel mundial el acceso a las muestras almacenadas en dichos bancos. El fácil acceso e intercambio de semillas fueron factores que contribuyeron a revertir la tendencia inicial de reducción de la diversidad. El uso de especies silvestres en mejora y la utilización de sintéticos pueden haber contribuido al incremento de diversidad.

## **2.8. La mejora genética y la erosión genética**

Según la FAO (1998), la mejora moderna o mejora científica es “el acto de utilizar la diversidad genética para mejorar el comportamiento agronómico de las plantas según los principios científicos”. En la mejora ocurren cambios en la diversidad genética como resultado de cruzamientos entre parentales, segregación, recombinación, deriva genética y selección por los mejoradores. La mejora genera diversidad genética.

En términos generales, la contribución de las variedades modernas al crecimiento agrícola y la reducción de la pobreza ha sido impresionante (Hazell, 2008). El impacto ha sido tanto directo como indirecto: altos rendimientos que generan altos ingresos, pero que también generan oportunidades de empleo y precios más bajos de los alimentos (Gollin et al., 2005, FAO, 2010). La mejora de plantas ha contribuido y sigue contribuyendo a un incremento de la producción no menor del 50% debido a ganancia genética (Duvick, 2005; Mackay et al., 2011).

La mejora de plantas ha ayudado a incrementar la producción, a mejorar la resistencia a enfermedades y plagas y a intensificar la diversidad y calidad de los productos agrícolas, especialmente en ambientes favorables (FAO, 2011). La amenaza de la erosión genética como resultado de la industrialización de la agricultura es mayor para los cultivos en los que no hay interés en su mejora.

Aunque el cultivo de las variedades modernas ha llevado con frecuencia a una erosión genética significativa, en las dos últimas décadas hay evidencia sustancial, sobre todo en el mundo desarrollado y también en los países en desarrollo, de que se ha mantenido en los cultivos una significativa diversidad genética (FAO, 2011).

Los mejoradores buscan variación genética en rasgos específicos para la mejora de los cultivos. Las variedades tradicionales son los recursos que aportan la mayor cantidad de variación genética nueva (Esquinas-Alcázar, 1993).

## 2.9. Referencias

- Bonneuil C, Goffaux R, Bonin I, Montalent P, Hanson C, Balfourier F, Goldringer I. 2012. A new integrative indicator to assess crop genetic diversity. *Ecol Ind.* 23: 280-289.
- Brown AHD. 2008. Indicators of genetic diversity, genetic erosion and genetic vulnerability for plant genetic resources for food and agriculture. Thematic Background Study, FAO Report State of the World PGRFA, 26 p.
- Crozier RH. 1997. Preserving the information content of species: genetic diversity, phylogeny and conservation worth. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28: 243-268.
- Esquinas-Alcázar JT. 1993. Plant Genetic resources. pp 33-51. In: N.O. Bosermark, I. Romagosa (eds.). *Plant Breeding: Principles and Prospects*. Chapman & Hall, London.
- Duvick DN. 2005. Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). *Maydica* 50: 193-202.
- Evenson RE. 2003. Production impact of crop genetic improvement. pp 447-471. In: R.E. Evenson and D. Gollin (eds.). *Crop variety improvement and its effect on productivity. The impact of International Agricultural Research*.
- FAO. 1967 The state of food and agriculture 1967. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- FAO. 1996. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos. Leipzig, Alemania, 17-23 Junio.
- FAO. 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- FAO. 2010. The second report on the State of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- FAO. 2011. Second global plan of action for plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- Frankel OH, Brown AHD, Burdon JJ. 1998. *The conservation of plant diversity*, 2nd edn. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fu YB, Peterson GW, Scoles G, Rossnagel B, Schoen DJ, Richards KW. 2003. Allelic diversity changes in 96 Canadian oat cultivars released from 1886 to 2001. *Crop Sci.*

43: 1989-1995.

- Gollin D, Morris M, Byerlee D. 2005. Technology adoption in intensive post-green revolution systems. *American Journal of Agricultural Economics* 87: 1310-1316.
- Hao C, Wang L, Zhang X, You G, Dong Y, Jia J, Liu X, Shang X, Liu S, Gao Y. 2006. Genetic diversity in Chinese modern wheat varieties revealed by microsatellite markers. *Sci. China, serie C* 49: 218-226.
- Harlan JR. 1975. Our vanishing genetic resources. *Sci.* 188: 618-621.
- Hazell PBR. 2008. An assessment of the impact of Agricultural research in South Asia since the Green Revolution. Secretaría del Consejo Científico, Roma, Italia.
- Mackay I, Horwell A, Garner J, White D, McKee J, Philpott H. 2011. Reanalyses of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yield over time. *Theor. Appl. Genet.* 122: 225-238.
- Malysheva-Otto L, Ganai MW, Law JR, Reeves JC, Roder MS. 2007. Temporal trends of genetic diversity in European barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Molecular Breed.* 20: 309-322.
- Nazco R, Peña RJ, Ammar K, Villegas D, Crossa J, Moragues M, Royo C. 2014. Variability in glutenin subunit composition of Mediterranean durum wheat germplasm and its relationship with gluten strength. *J. Agric. Sci.* 152: 379-393.
- Negri V. 2003. Landraces in central Italy: where and why they are conserved and perspectives for their on farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 871-885.
- Nersting LG, Andersen SB, von Bothmer R, Gullord M, Jorgensen RB. 2006. Morphological and molecular diversity of Nordic oat through one hundred years of breeding. *Euphytica* 150: 327-337.
- Orabi J, Jahoor A, Bakes G. 2014. Changes in allele frequency over time in European bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties revealed using DaRT and SSR markers. *Euphytica* 197: 447-462.
- Parker, G.D., Fox, P. N., Landgridge, P., Chalmers K., Whan, B., Ganter, P. F. 2002. Genetic diversity within Australian wheat breeding programs based on molecular and pedigree data. *Euphytica*, 124: 293-306.
- Qualset, CO, Damania, AB, Zanatta, ACA, Brush SB, 1997. Locally based crop plant conservation. pp. 160-175. In N. Maxted, BV Ford-Lloyd, JG Hawkes (eds.) *Plant genetic conservation: The in situ approach*. Chapman and Hall, London.
- Qi Y, Zhang D, Zhang H, Wang M, Sun J, Wei X, Qiu Z, Tang S, Cao Y, Wang X, Li Z. 2006. Genetic diversity of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in China and the temporal trends in recent fifty years. *Chinese Sci. Bull.* 51: 681-688.
- Rao VR, Hodgkin T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68: 1-19.
- Rauf S, Teixeira de Silva JA, Khan A, Assif Ali Khan, Naveed A. 2010. Consequences of plant breeding on genetic diversity, *Intl. J. Plant Breed.* 4: 1-21.

- 
- Reif, JC, Hamrit S, Heckenberger M, Schipprack W, Maurer HP, Bohn M, Melchinger AE. 2005. Trends in genetic diversity among European maize cultivars and their parental components during the past 50 years. *Theor. Appl. Genet.* 111: 838-845.
  - Ren J, Sun D, Chen L, You FM, Wang J, Peng Y, Nevo E, Sun D, Luo MC, Peng J. 2013. Genetic diversity revealed by single nucleotide polymorphism markers in a worldwide germplasm collection of durum wheat. *Int J Mol Sci.* 14: 7061-7088.
  - Roussel V, Koenig J, Beckert M, Balfourier F. 2004. Molecular diversity in French bread wheat accessions related to temporal trends and breeding programmes. *Theor. Appl. Genet.* 111: 162-170.
  - Ruiz M, Carrillo JM. 2008. Genetic variability trends in durum wheat varieties grown in Spain. pp 196. In: 13th ICC Cereal and Bread Congress, Madrid.
  - Scholten M, Maxted N, Ford-Lloyd B. 2011. U K national inventory of plant genetic resources for food and agriculture. University of Birmingham.
  - Simmonds NW. 1976. pp. 257-260. *Evolution of Crops Plants*, Longman Group Ltd.
  - Tanksley SD, McCouch SR. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science* 277: 1063-1066.
  - Thomson MJ, Septiningsih EM, Suwardijo F, Santoso TJ, Silitonga TS, McCouch SR. 2007. Genetic diversity analysis of traditional and improved Indonesian rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 114: 559-568.
  - van de Wouw M, Kik C, van Hintum T, van Treuren R, Visser B. 2009. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. *Plant Genet Resour Charact Util.* 8: 1-15.
  - van de Wouw M, van Hintum T, Kik C, van Theuren R, Visser B. 2010. Genetic diversity trends in 20th century crop cultivars - a meta analysis crop breeding in the 20th century - a meta analysis. *Theor. Appl. Genet.* 120: 1241-1252.
  - Zeven AC. 1998. Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104: 127-139.

## **3. Las colecciones de germoplasma de variedades tradicionales**

---

### **Lucía de la Rosa\* e Isaura Martín**

Centro de Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (CRF-INIA). Autovía de Aragón, km 36. Apdo. 1045  
28800 Alcalá de Henares, Madrid, España

\*rosa@inia.es

#### **3.1. Introducción**

#### **3.2. Variedades tradicionales en colecciones de germoplasma**

##### **3.2.1. Antecedentes históricos**

##### **3.2.2. Colecciones de variedades tradicionales en un ámbito internacional**

##### **3.2.3. Colecciones de variedades tradicionales en España**

##### **3.2.4. Utilización**

#### **3.3. Conclusiones**

#### **3.4. Referencias**

### 3.1. Introducción

Aunque es un hecho ampliamente conocido que las variedades locales o tradicionales (VT) son un componente clave de la agrobiodiversidad y de los recursos fitogenéticos, su definición no es un tema fácil ni resuelto, aunque se ha intentado en numerosas ocasiones. En inglés, el término más comúnmente utilizado para designar a estas variedades es el de “landrace”, aunque pueden encontrarse otros muchos nombres (primitive, traditional, local, folk, farmer, heritage, heirloom varieties) que son usados de forma un tanto ambigua para designar a materiales cultivados de distintos tipos que comparten la característica de no haber sido obtenidos mediante técnicas modernas de mejora genética (Preston, 2012, Berg, 2009). En español, los adjetivos local y tradicional, además de otros como autóctono, criollo, indígena..., suelen aplicarse de forma indistinta. Esta ambigüedad en cuanto a definiciones y términos puede tener implicaciones importantes, especialmente en un ámbito legal o normativo.

Zeven (1998), tras una revisión bibliográfica indica que la primera vez que se utilizó el término “formas cultivadas primitivas” en el sentido de recurso fitogenético, tal y como lo empleamos actualmente, fue en 1890 en el Congreso Internacional de Agricultura y Silvicultura en Viena y, el mismo autor cita como primera definición encontrada de “landrace”, en 1908, la de *variedades que han sido cultivadas desde tiempo inmemorial en una región, de la cual llevan el nombre.*

Harlan (1975) define las poblaciones de VT como muy complejas pero reconocibles por algún carácter común, como puede ser precocidad, adaptación a diferentes tipos de suelos o tipo de uso, que están adaptadas a condiciones climáticas locales, prácticas culturales, enfermedades o plagas. Asimismo, indica que normalmente son conocidas por uno o varios nombres pero no hace mención del periodo de tiempo necesario para su desarrollo.

Camacho-Villa et al. (2005) señalan que cada grupo de investigación adapta la definición a sus variedades y sus trabajos, aunque especifican como características asociadas a las VT las seis siguientes: origen histórico, identidad reconocible, no haber sido obtenidas bajo sistemas formales de mejora, diversidad intrapoblacional, adaptación genética a las condiciones ambientales locales y adaptación a sistemas agrícolas tradicionales. Estos mismos autores reconocen que, en muchos casos, las variedades tradicionales pueden carecer de alguna de estas características.

Finalmente, Negri (2007) propone una definición que reúne las que se han mencionado, además de las de Anderson y Cutler (1942), Brush (1995), Papa (1996), Asfaw (2000), Friis-Hansen y Sthapit (2000), Negri (2003, 2005), Saxena y Singh (2006) y además añade que estas variedades están estrechamente asociadas a los usos, tradiciones, conocimientos,

costumbres, dialectos y celebraciones de las gentes que las han desarrollado y las siguen utilizando.

Kell et al. (2009), en un estudio sobre las variedades locales del Reino Unido, desarrollado para establecer un inventario de estos recursos, proponen una clasificación en variedades primarias y secundarias. Una variedad primaria sería aquella que ha desarrollado sus características cultivándose y seleccionándose en un sitio concreto y que no ha sido nunca objeto de mejora formal. Asimismo, diferencian dos tipos de variedades primarias, autóctonas y alóctonas. Las autóctonas serían las cultivadas en el lugar donde han adquirido sus peculiaridades, mientras que las alóctonas se habrían transferido a otro lugar donde continúan cultivándose; este término sería el equivalente a variedad local de fuera o extranjera de Louette et al. (1997). Las variedades locales secundarias o derivadas serían variedades antiguas que, procediendo de la mejora convencional, han pasado a ser variedades libres y se mantienen *in situ* por agricultores y colectivos interesados en la conservación de recursos genéticos. El uso de esta clasificación no está muy extendido y puede resultar discutible, sin embargo los autores señalan su utilidad práctica en el desarrollo del mencionado inventario.

Todas estas definiciones atienden al origen y mencionan la antigüedad de las VT en un lugar concreto, pero dejan abierta la cuestión de qué periodo de tiempo es necesario para que una variedad se pueda considerar como local, discusión que aún está abierta y sobre la que se aportan algunos datos. Louette et al. (1997), para un estudio sobre maíces cultivados en Méjico, estimaron que el espacio de tiempo de desarrollo de una generación humana (30 años), era un plazo suficiente para considerar una variedad como localmente adaptada. Volg Lucaser et al. (2007), en un estudio de variedades tradicionales de manzanos del Tirol establecen como tales aquellas formas que se siembran o se plantan deliberadamente y que se están manejando de forma directa y constante en un mismo lugar durante al menos 60 años. Preston (2012) considera VT la que se ha cultivado en un lugar durante al menos 40 años. El *Italian National Plan for Agricultural Biodiversity* se refiere a este tipo de variedades como las que se han originado en una región o han llegado a ella y se han incorporado a los sistemas de cultivo tradicionales hace al menos 50 años.

A la vista de lo anterior, se puede concluir que cualquier definición que recoja las características especificadas por Camacho-Villa et al. (2005) puede resultar válida para identificar a las variedades tradicionales o “landraces” *sensu stricto*. Sin embargo, es difícil encontrar una definición universalmente aceptada de VT para todos los casos posibles y puede haber adaptaciones para proyectos, planes, situaciones o cultivos concretos (Maxted et al., 2013).

Una de las principales amenazas sobre las variedades locales es la erosión genética, término que ha sido definido por diversos autores (Hammer y Laghetti, 2005, Van de Wouw et

al., 2010). Sintetizando, la erosión genética se puede considerar la pérdida o disminución de la riqueza de cultivos, variedades o diversidad alélica en un área concreta, durante un periodo de tiempo. La erosión genética es el resultado de diversos procesos que actúan sobre las especies, poblaciones y/o su riqueza genética, llegando a provocar, en muchos casos, pérdidas irreversibles. Entre estos procesos se pueden citar: los cambios en las prácticas agrícolas y en el uso de la tierra, el reemplazo de las VT por cultivares modernos, el descenso y envejecimiento de la población rural, el uso de pesticidas y herbicidas, los sistemas de registro de semillas que fortalecen los derechos de los mejoradores pero que impiden la venta de material de reproducción no registrado, los sistemas de subsidios que promueven el uso de un número restringido de variedades y los cambios en los hábitos de consumo hacia modelos empobrecidos y globalizados.

## **3.2. Variedades tradicionales en colecciones de germoplasma.**

### **3.2.1. Antecedentes históricos**

Las primeras colecciones *ex situ* de variedades tradicionales fueron establecidas por mejoradores a finales del siglo XIX y durante los primeros años del siglo XX. Entre las más importantes de esa época pueden destacarse las del “Bureau of Applied Botany” (Petrogrado/San Petersburgo, Rusia), antecesor del Instituto Vavilov. Fuera de Rusia, mejoradores de USA, Canadá, Inglaterra, Francia, Holanda o Alemania, reunieron también amplias colecciones de germoplasma para desarrollar sus trabajos (Hawkes et al., 2000).

Hasta los años 60 del siglo XX, las denominadas “Estaciones de Introducción de Plantas” tuvieron un papel fundamental en el mantenimiento de grandes colecciones, destacando por su antigüedad e importancia las establecidas en Rusia, en el “Institute of Plant Industry” (sucesor del Bureau of Applied Botany), la de la Commonwealth en Cambridge (UK) para colecciones de patata y las de Estados Unidos, muy relacionadas con los programas de mejora de la fundación Rockefeller. Entre los años 50 y 60, en Brasil, Argentina y México, se recolectaron muchos materiales para trabajos de mejora, que fueron ampliamente intercambiados con otros países de Latinoamérica. A finales de la década de los 60, India y Japón habían establecido ya colecciones nacionales y en 1966 se creó el National Seed Storage Laboratory de Fort Collins (Colorado, USA), considerado el primer banco de germoplasma con instalaciones adecuadas para la conservación de semillas a largo plazo (Pistorius, 1997).

Salvo excepciones, las variedades primitivas de las colecciones establecidas por fitomejoradores antes de los años 70 tenían un uso inmediato y se conservaban como colecciones de trabajo. En general, estas colecciones se documentaban y conservaban sin excesivo rigor ya que, en esos momentos, se tenía la percepción de que siempre se podría ir a buscar más material a sus sitios de origen (Frankel, 1970). A mediados del siglo XX resulta evidente la grave erosión genética que se está produciendo en las plantas cultivadas y surge la

necesidad de acometer la conservación de germoplasma desde una base científica. Es en esos momentos cuando la FAO toma un papel relevante en la gestión internacional de esta actividad, pudiéndose considerar la reunión técnica de FAO celebrada en 1961, “Plant Introduction and Exploration”, la primera iniciativa multilateral para establecer líneas de actuación encaminadas a preservar y utilizar los recursos fitogenéticos. En las sucesivas Conferencias Técnicas que tuvieron lugar en 1967, 1973 y 1975, se formularon metodologías de recolección, conservación y evaluación. En la Conferencia FAO/IBP de 1967 se priorizó claramente la conservación *ex situ* frente a las estrategias *in situ*, como la forma más práctica y económica de preservar el material genético. La ventaja que proporcionaban los métodos de conservación *ex situ* en cuanto a disponibilidad de material para los trabajos de mejora, fue un argumento de gran peso a favor de este tipo de estrategia. En esta misma Conferencia se asignó a las variedades locales la mayor prioridad en cuanto a recolección y conservación, y se llegó al acuerdo de impulsar la creación de grandes colecciones que pudiesen ser mantenidas sin necesidad de regeneraciones frecuentes (Pistorius, 1997, Hawkes et al., 2000).

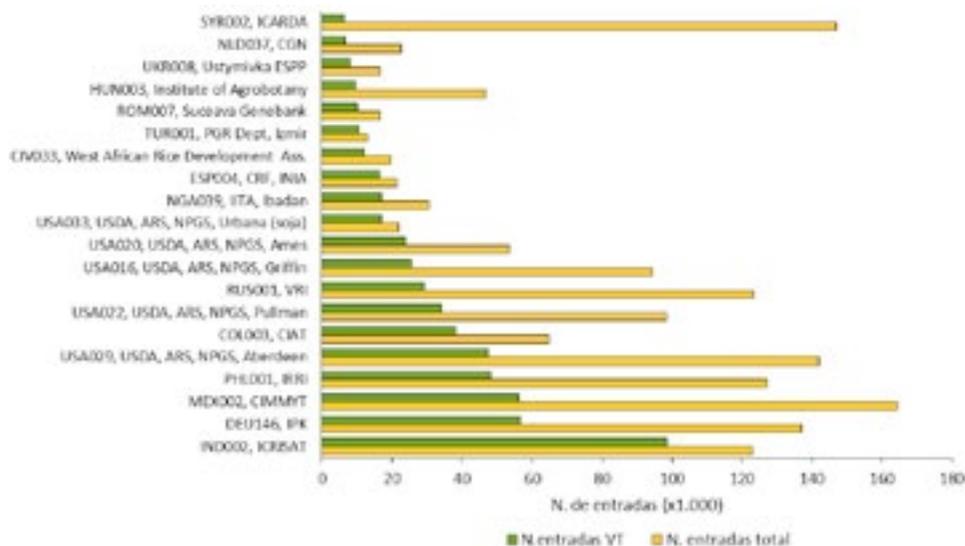
Como consecuencia, durante los años 70 y principios de los 80, se realizaron numerosas expediciones de recolección impulsadas por la FAO y se establecieron muchos de los bancos de germoplasma que existen en la actualidad. Paralelamente, para hacer frente a las necesidades económicas de estas actividades se creó el IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), que posteriormente pasó a denominarse IPGRI (actualmente Bioversity) y a constituirse como uno de los Centros del CGIAR (Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agraria).

### **3.2.2. Colecciones de variedades tradicionales en un ámbito internacional**

La conservación *ex situ* en bancos de germoplasma ha demostrado ser un sistema eficaz y económico para evitar la pérdida de variabilidad genética contenida en las VT. Según los datos del Informe Mundial sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010) se estima que actualmente existen más de 1.750 bancos de germoplasma en el mundo, con más de 7,4 millones de entradas. Se conoce el estatus biológico de aproximadamente la mitad, y de ellas el 44% corresponde a VT. También en el Informe se indica una importante disminución en cuanto al número de entradas de VT recolectadas en el periodo 1996-2007 frente a las recolectadas realizadas entre 1984 y 1995, así como el elevado nivel de duplicación entre las accesiones.

En estos momentos, la información más actualizada sobre colecciones de germoplasma es la del portal Genesys (<https://www.genesys-pgr.org>). En febrero de 2016 se disponía de información de 2.580.172 entradas de las que 706.776 están clasificadas como variedades tradicionales, aunque es probable que este número sea mayor porque hay una cantidad importante de entradas que no tienen asignado el tipo de material biológico. En el gráfico de

la Figura 1 se muestra, para las instituciones que conservan las mayores colecciones de VT, la distribución de éstas frente al total de muestras conservadas.



**Figura 1.** Distribución por institución conservadora del número entradas (x1.000) de VT frente al total de entradas conservadas (Fuente: Genesys <https://www.genesys-pgr.org>).

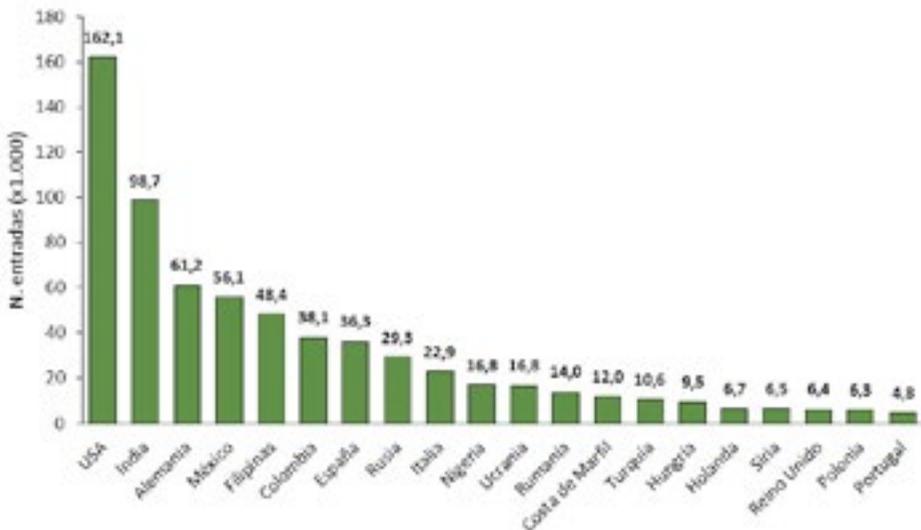
Analizando las instituciones que conservan este germoplasma se concluye que la mayor parte de estas accesiones (45%) está conservada en los bancos de los organismos del CGIAR, ICRISAT (IND002) en India, CIMMYT (MEX002) en México, IRRI (PHL001) en Filipinas, CIAT (COL003) en Colombia, IITA (NGA039) en Nigeria e ICARDA (SY002). La mayor colección de VT es la del ICRISAT, con más de 98.000 muestras, casi el 14% de las VT conservadas en todos los bancos. Otra gran parte (22,94%) se conserva en instituciones localizadas en USA, en concreto en los centros del USDA de Aberdeen (USA029), Pullman (USA022), Griffin (USA016), Ames (USA020) y Urbana (USA033). El banco de Fort Collins (NSSL, USA005) no aparece en esta relación debido, probablemente, a que conserva mayoritariamente duplicados de seguridad en colección base. En Europa, las mayores colecciones de VT se encuentran en el banco alemán del IPK de Gatersleben, seguidas por las del Instituto Vavilov de Rusia. El CRF del INIA, con unas 16.000 muestras de VT, ocupa el tercer lugar en las colecciones europeas y la posición número 13 en el cómputo global.

Si se calcula la proporción que suponen las VT respecto al total de muestras conservadas en estos bancos, se obtiene un valor medio del 46.6%, observándose una gran dispersión para este dato. Así, entre las colecciones de VT que son porcentualmente más importantes estarían las del ICRISAT y la del banco Izmir en Turquía con aproximadamente el 80% de VT, la colección de soja del USDA de Urbana en la que el 77% corresponde a VT y la colec-

ción del CRF (76% de VT). En el extremo opuesto se encuentra el banco del ICARDA, con poco más del 4% de VT frente a porcentajes mucho más elevados de germoplasma mejorado (57,33%) y poblaciones silvestres (20,73%) o el Instituto de Agrobotánica de Tapiozele (Hungría) con el 20,3%.

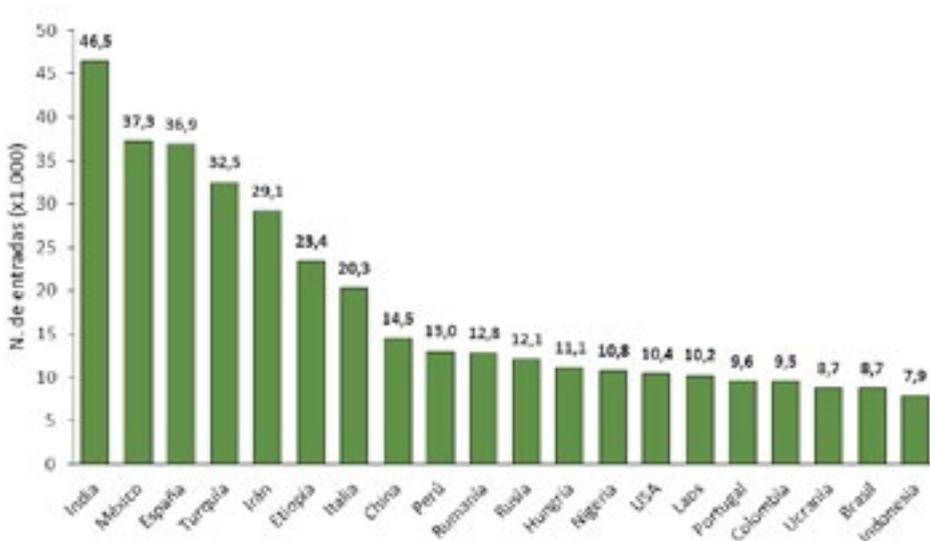
Además de las instituciones mencionadas, es necesario destacar las colecciones de otros tres grandes bancos de germoplasma en China, Japón y Taiwán, cuya información no está incluida en Genesys y ha sido consultada directamente de sus páginas web. En China se localiza el ICGR (Institute of Crop Germoplasm Resources), en el que se conservan un total 410.000 entradas ([http://www.cgris.net/cgris\\_english.html](http://www.cgris.net/cgris_english.html)), aunque la información disponible no ha permitido establecer la distribución por tipo de material. En el NIAS (National Institute of Agrobiological Sciences, <http://www.gene.affrc.go.jp>) de Japón, según datos de 2013, se conservan 220.000 entradas de las que algo más del 13%, son variedades tradicionales. En Taiwán se localiza la sede central del AVRDC (Asian Vegetable Research Development Center, <http://avrdc.org/>), organización internacional con presencia en África, Asia y Oceanía, que centra sus actividades en especies hortícolas y cuyo banco de germoplasma conserva en la actualidad más de 60.000 entradas, entre material mejorado y variedades locales.

En un análisis mundial por países (Figura 2), Estados Unidos es el que conserva el mayor número de entradas de VT, seguido a distancia por la India. España se encuentra en una posición destacada ocupando el séptimo lugar de la relación.



**Figura 2.** Distribución, por país conservador, de las colecciones de VT más importantes a nivel mundial. Fuente: Genesys (<https://www.genesys-pgr.org>).

Un punto de interés a considerar es el de la procedencia de las accesiones de VT conservadas en los bancos de germoplasma, dato que permitirá tener una idea aproximada de los movimientos de materiales a lo largo del tiempo, desde sus países de origen. Recurriendo de nuevo a los datos de Genesys, en el gráfico de la Figura 3 se muestra la distribución de las variedades locales según el país de origen de las muestras, observándose claras diferencias con el gráfico de la Figura 2, ya que mientras que los países en los que se conserva un mayor número de VT son USA, India y Alemania, en los que se han recolectado más entradas son India, México y España. Según se muestra en la Tabla 1, mientras que hay países como España, donde se conserva el 82,79% de las muestras recolectadas en el territorio nacional, en otros, como es el caso de Turquía, esta cifra baja al 32,64%, que es un porcentaje de muestras menor que el de variedades turcas conservadas en Estados Unidos. El 65% de las muestras originarias de México se conservan en el propio país y el 31% en Estados Unidos y Colombia. La India mantiene el 66% de sus VT, estando prácticamente el resto entre Estados Unidos, Filipinas, Alemania y Rusia.

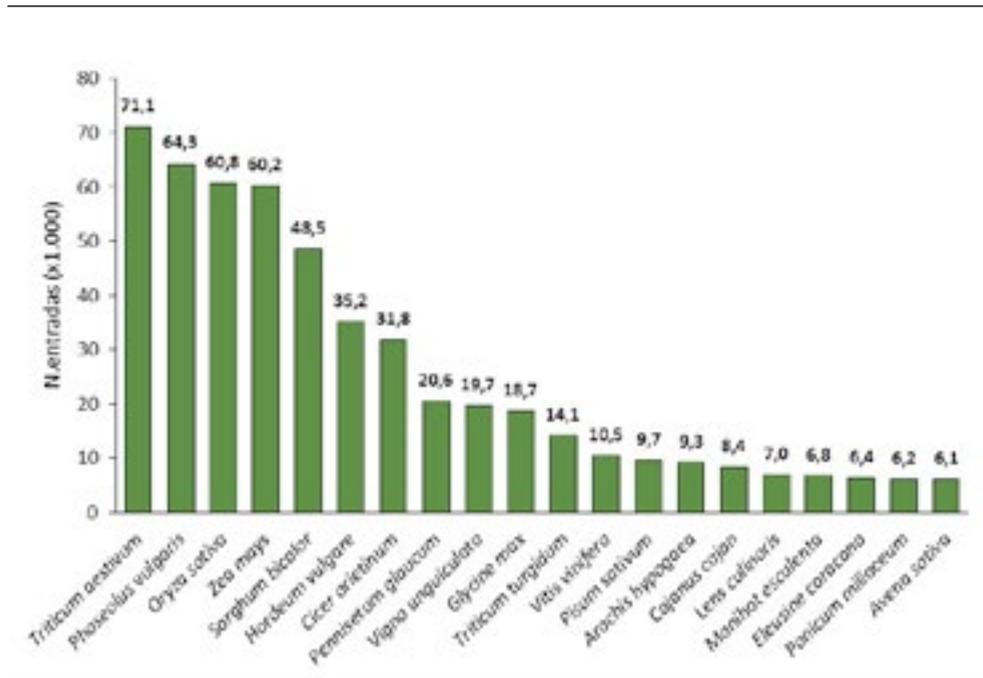


**Figura 3.** Distribución, por países de origen de las muestras, de VT conservadas en los bancos más importantes del mundo. (Fuente: Genesys <https://www.genesys-pgr.org>).

**Tabla 1.** Países que conservan las muestras originarias de aquellos países en los que se ha recolectado un mayor número de VT. (Fuente: Genesys <https://www.genesys-pgr.org>).

País de origen	N. entradas	País Conservador	N. entradas	País de origen	N. entradas	País Conservador	N. entradas
INDIA	46520	India	30.580	ESPAÑA	36904	España	30.550
		Estados Unidos	8.098			Estados Unidos	2.164
		Filipinas	2.825			Alemania	1.727
		Alemania	1651			México	444
		Rusia	1239			Rusia	357
		Holanda	438			Colombia	334
		Colombia	395			Italia	305
		México	292			Ucrania	220
		Ucrania	225			Reino Unido	196
		Reino Unido	179			India	174
España	127	Siria	102				
País de origen	N. entradas	País Conservador	N. entradas	País de origen	N. entradas	País Conservador	N. entradas
MÉXICO	37259	México	24.178	TURQUÍA	32.458	Estados Unidos	11.442
		Estados Unidos	6.660			Turquía	10.593
		Colombia	5.051			Alemania	3.349
		India	493			México	2092
		Alemania	252			Colombia	1068
		Rusia	231			India	985
		España	140			Reino Unido	630
		Ucrania	84			Polonia	541
		Italia	64			Rusia	519
		Siria	42			Holanda	518
Bélgica	32	Italia	181				

Los cultivos más importantes a nivel mundial, según datos de FAO (<http://faostat3.fao.org/>) son, por este orden, maíz, trigo, arroz, patata, yuca, soja, batata, sorgo, ñame y plátano. Esta situación se refleja en los bancos de germoplasma, donde las especies con mayor representación de VT son las que se indican en la Figura 4, en la que las especies más cultivadas de reproducción por semillas (maíz, trigo, arroz y soja) están en los primeros puestos. Las especies de reproducción vegetativa están menos representadas en los bancos de germoplasma, porque estas especies tienen, posiblemente, menor diversidad genética y porque el mantenimiento de colecciones de campo o en cultivo *in vitro* es más costoso y complicado que la conservación por semilla.



**Figura 4.** Número de entradas de VT de las especies con más presencia a nivel mundial, en los bancos de germoplasma. (Fuente: Genesys <https://www.genesys-pgr.org>)

### 3.2.3. Colecciones de variedades tradicionales en España

En este apartado se van a describir las colecciones de germoplasma conservadas en España que forman parte de la Red de Bancos del Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos (PCURF). Este programa se creó por Orden Ministerial del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) en 1993 y se volvió a promulgar, alineado con el Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, en la Ley 30/2006 de *Semillas y plantas de vivero y recursos fitogenéticos*. Los objetivos del Programa son a) evitar la pérdida de diversidad genética de las especies, variedades y ecotipos vegetales autóctonos y cultivables en desuso, cuyo potencial genético sea susceptible de ser empleado en los procesos de mejora de especies vegetales agroalimentarias, agroenergéticas, agroindustriales y ornamentales, y b) caracterizar y documentar los recursos para facilitarlos a los potenciales usuarios.

En la actualidad (febrero 2016) forman parte del PCURF 37 instituciones que mantienen más de 77.000 entradas, de las que el algo más de la mitad son VT y de ellas casi 34.000 (85,5%) han sido recolectadas en España. En la Tabla 2 se incluyen, identificadas con códigos WIEWS de FAO (<http://www.fao.org/wiews>), las instituciones que conservan las colecciones más importantes de VT y sus principales especies. La información más detallada está disponible en el Inventario nacional de recursos fitogenéticos ([http://wwwx.inia.es/inventario\\_nacional](http://wwwx.inia.es/inventario_nacional)). Una parte muy importante de estas instituciones, tienen una larga trayectoria

histórica en la conservación de germoplasma, unida en muchos casos a actividades de mejora genética vegetal.

**Tabla 2.** Número de entradas de VT de las principales instituciones de la red del PCURF. Se indica en cada caso el porcentaje que representan respecto al total de muestras. Para cada banco se detallan las principales especies conservadas. (Fuente: Inventario nacional de recursos fitogenéticos).

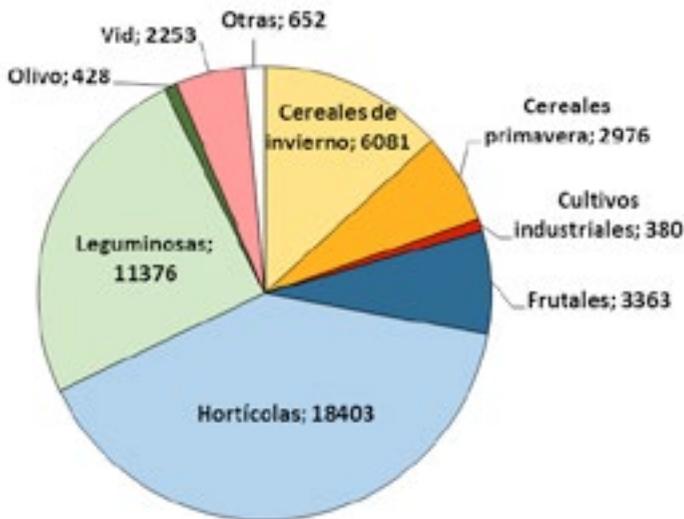
Cod. FAO	Institución Conservadora	N. VT	%	Especies
ESP004	CRF-INIA (C. base)	25900	63,3	Varias
ESP004	CRF-INIA (C. activa)	16214	75,0	Cereales, Leguminosas, Industriales
ESP026	COMAV, Valencia	7575	85,0	Hortícolas
ESP027	CITA, Banco de Hortícolas, Zaragoza	6077	83,5	Hortícolas
ESP172	CCBAT, Tenerife	2034	90,6	Varias
ESP009	CSIC, MBO, Pontevedra	1745	82,6	Brassicáceas, Maíz, Leguminosas
ESP046	IFAPA Alameda del Obispo, Córdoba	1668	73,6	Olivo, Leguminosas
ESP080	IMIDRA, Viticultura, Madrid	1502	44,0	Vid
ESP119	CIA Mabepoado, La Coruña	1350	56,3	Maíz, Frutales, Pruníferos
ESP124	CIAF Albadalejo, Cuenca	1231	74,0	Leguminosas, Ajo, Azufre
ESP010	CICYTEX, La Orden, Badajoz	932	10,7	Pruníferos, Leguminosas, Higuera
ESP110	CITA, Fruticultura, Zaragoza	830	57,7	Frutales
ESP109	ITACyL, Valladolid	712	35,6	Frutales, Leguminosas
ESP007	CSIC, EE de Aula Dei, Zaragoza	705	53,5	Cebada, Maíz, Frutales
ESP058	CSIC, EE La Mayora, Málaga	679	38,9	Tomate, Melón
ESP197	ETSI Agrónomos, Navarra	632	89,1	Frutales, Vid
ESP032	SERIDA, Asturias	585	61,4	Frutales, Leguminosas
ESP074	IFAPA Rancho de la Merced, Cádiz	515	78,4	Vid
ESP200	IRFAP, Baleares	461	99,6	Varias
ESP160	Univ. Miguel Hernández, Elche	362	72,1	Frutales
ESP089	ETS d'Eng Agraria, Lleida	267	94,0	Manzano, Peral
ESP223	Est. Viticultura y Enología de Galicia	259	100,0	Vid
ESP016	NEIKER, Vizcaya	236	79,5	Patata, Judía
ESP216	Inst. Vid y Vino Castilla-La Mancha	235	80,8	Vid
ESP025	IVIA, Valencia	113	19,3	Citricos
ESP198	IMIDRA, Banco var. locales, Madrid	111	86,7	Hortícolas
ESP149	CITA, Recursos forestales, Zaragoza	107	16,9	Chopo
Otros	Varias instituciones	94	27,4	Varias

Las primeras acciones formales en cuanto a conservación de recursos fitogenéticos se iniciaron en nuestro país a finales de la década de los 70, encuadradas principalmente dentro del INIA y con un fuerte apoyo del IBPGR. En esa época se realizaron las primeras recolecciones sistemáticas y el primer banco de semillas de especies cultivadas empezó a funcionar en 1977, dependiente del INIA y emplazado en el denominado CRIDA-06, en la finca "El Encín" (Alcalá de Henares). Con anterioridad, en diversos Centros de Investigación existían colecciones importantes recolectadas y conservadas por diversos grupos de mejoradores y agrónomos. Así, a principios del siglo XX ya existían colecciones de vides españolas en la estación de Viticultura de Haro (La Rioja) y en Villava (Navarra), reunidas finalmente en la finca de "El Encín" (Alcalá de Henares) en 1949 (Cabello, 1995). En 1929, el desaparecido Instituto de Cerealicultura inició la recogida de variedades de cereales en colaboración con

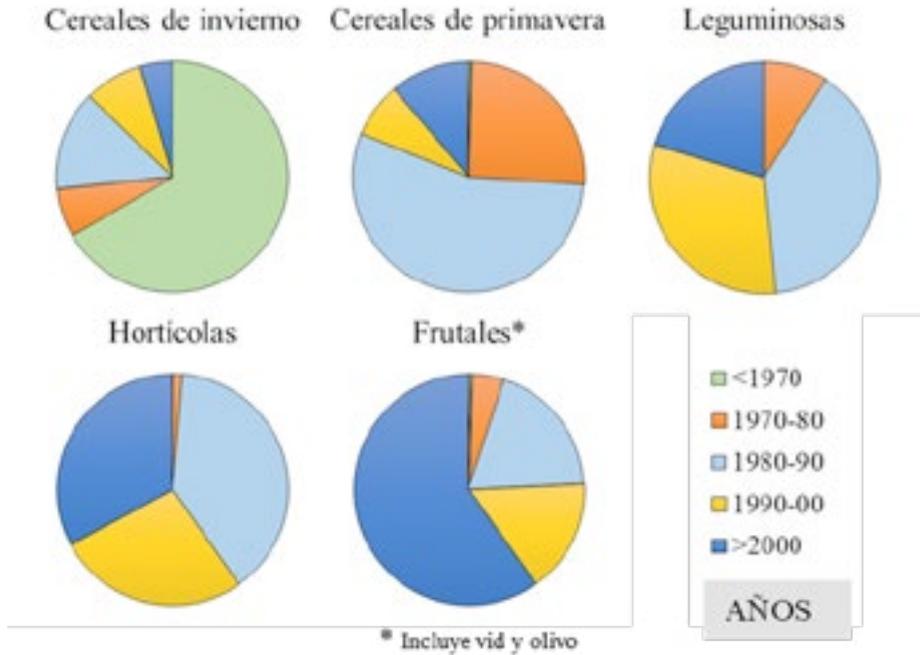
distintas autoridades municipales y representantes agronómicos, llegando a reunir innumerables muestras, la mayor parte de las cuales están actualmente conservadas en el banco de germoplasma del CRF-INIA (Ruiz y Varela, 1996). En 1950, la Estación Pomológica de “Aula Dei”(Zaragoza) inició, para su inventario y estudio, una colección de variedades cultivadas en España de frutales de hueso y pepita, llegando a recopilar más de 1400 muestras (Herrero, 1958).

Por dar algún ejemplo más, y sin tratar de ser exhaustivos, se puede decir que el banco de frutales del CITA se inició con el establecimiento de una colección para el estudio de la diversidad varietal de almendro en 1966 (Felipe, 1983), que el actual banco mundial de olivo de Córdoba tiene sus orígenes en los años 70 (Barranco y Rallo, 1983), que el COMAV junto con el IMIDA de Murcia iniciaron actividades sistemáticas de recolección en los años 70 (Nuez y Ruiz, 1999), o que el banco de germoplasma de hortalizas del CITA inició sus actividades de conservación 1981 (Alvarez y Marín, 1983).

En la Figura 5, que muestra la distribución de las accesiones de VT conservadas por grupo de especies, se puede apreciar que las colecciones mayoritarias son las de hortalizas, leguminosas grano y cereales de invierno. Para dar explicación a esta distribución, a partir de la información del Inventario nacional se ha realizado una revisión histórica que se sintetiza en la Figura 6, en la que se ha representado la distribución temporal de la recolección de VT españolas, por grupos de especies, incluyendo sólo aquellas accesiones para las que existe información sobre la fecha de colecta.



**Figura 5.** Distribución, por grupo de cultivos, de las VT mantenidas en las instituciones españolas de la Red de colecciones.



**Figura 6.** Distribución por año de recolección de las VT conservadas en las instituciones de la Red de colecciones.

La mayor parte de los cereales de invierno fueron obtenidos antes de los años 70 y mantenidos, previamente a su incorporación en el banco de germoplasma del CRF-INIA, en las colecciones de los grupos de mejora formados en “El Encín” y Aula Dei. Las colecciones de maíz, que es el cereal de primavera más importante, tienen su origen mayoritario en las prospecciones realizadas en España por grupos del Centro Regional de Mabegondo (CRIDA-01), de la Misión Biológica de Galicia, de Aula Dei y de Alcalá de Henares (CRIDA-06), en los años 70 y 80.

Gran parte de las colecciones de leguminosas grano se obtuvieron en expediciones llevadas a cabo a finales de los años 70 y en la década siguiente, que fueron realizadas con apoyo de FAO/IBPGR y con participación de científicos de otros países (Portugal, Italia, Rusia Alemania y Japón). Aquí es preciso matizar que, en los años posteriores, el material de leguminosas recolectado corresponde mayoritariamente a *Phaseolus vulgaris*.

Las recolecciones de especies hortícolas se iniciaron en los años 80 liderados, en esa década y en la siguiente, sobre todo por las instituciones que actualmente conservan las colecciones activas de estos materiales (CITA Zaragoza y COMAV de la Univ. Politécnica de Valencia).

En los últimos 25 años, gran parte de las VT que se conservan por semilla, se corresponden con la actividad de recolección multicultivo realizada por el CRF-INIA de forma sistemática en casi todo el territorio español. En estas expediciones se asigna el código 300 de la lista de descriptores multicultivo (FAO/Bioversity, 2012), que corresponde a variedad local o tradicional, a las muestras donadas por agricultores e identificadas como tales durante la entrevista que se mantiene con los donantes. Estas muestras no siempre cumplen las seis características con las que Camacho-Villa et al. (2005) identifican las variedades locales, ya que por ejemplo en muchos casos, no llevan asignados nombres locales o se desconoce su variabilidad genética.

Las colecciones de especies frutales que, en algunos casos se iniciaron en los años 50 han crecido en los últimos años como resultado de proyectos de recolección focalizados en zonas muy concretas. En el caso del olivo y la vid las colecciones incluyen las VT que se cultivan mayoritariamente en nuestro país y que en muchos casos, además están registradas como variedades comerciales.

En otros grupos de especies que se incluyen tradicionalmente en las clasificaciones de los bancos de germoplasma (forrajeras y pratenses, forestales u ornamentales), la mayoría de las muestras corresponden a material silvestre por lo no se incluyen en este trabajo.

#### **3.2.4. Utilización**

Las VT conservadas en las colecciones *ex situ* son objeto de utilización para diversos fines, entre los que se incluyen, además de la mejora genética, la investigación en diversas vertientes, el cultivo y la educación (Hodgkin et al., 2003).

La utilización directa de VT tiene importancia dispar en el ámbito mundial. Mientras que en muchos países estas variedades han sido y siguen siendo muy importantes a nivel local, por el peso que tienen tanto en la agricultura familiar de autoconsumo, como en la venta a pequeña escala. En otros países, entre los que se incluye España, se están recuperando como resultado de la concienciación colectiva de la importancia de preservar y utilizar el patrimonio genético vegetal, reivindicándose estos materiales como representantes de la idiosincrasia y culturas tradicionales y por estar unidos, en muchos casos, a unas características organolépticas muy altas. Desde la experiencia del banco de germoplasma del CRF resulta muy destacable el crecimiento que han tenido las solicitudes de material para cultivo directo, en los últimos 10 años (Martín y De la Cuadra, 2012).

La vuelta al cultivo de las variedades tradicionales supone una alternativa a la conservación *ex situ* en los bancos de germoplasma, y plantea para las VT una conservación *in situ* u *on farm*. Uno de los elementos de este sistema de conservación es la necesidad de conocer

las variedades de interés para los agricultores y consumidores. Para dar respuesta a esta necesidad se está haciendo una aproximación por dos vías distintas, por un lado el registro de productos de calidad (DOP, IGP, ETG, que se va a tratar en otro apartado de esta obra) y por otro el registro en las listas de variedades de conservación o en la lista de variedades sin valor intrínseco, cuyo objetivo es facilitar la protección y comercialización de semillas de VT. La inclusión de variedades en estos registros, frente a las variedades comerciales, es más sencilla, siendo innecesarios los ensayos DHE (distinguibilidad, homogeneidad, estabilidad) en el caso de que se disponga de una descripción no oficial elaborada por personal cualificado. En la actualidad (febrero de 2016) están incluidas 61 variedades de 19 cultivos en el registro de variedades de conservación y 27 variedades de 3 cultivos en el de variedades sin valor intrínseco. En este contexto, las variedades conservadas en bancos de germoplasma se contemplan, en algunos casos, como variedades que se pueden utilizar como elemento de comparación para la identificación de estos materiales.

### 3.3. Conclusiones

En los últimos 50 años se ha reunido en los bancos de germoplasma una cantidad ingente de accesiones de variedades tradicionales, consecuencia de las masivas recolecciones de material realizadas para evitar una pérdida irreversible de la diversidad genética cultivada. Este hecho supone un logro incuestionable que ha permitido por una parte, conservar muchas variedades que ya no es posible encontrar en los campos de cultivo y por otra, facilitar el acceso a la utilización de gran cantidad de material genético a los fitomejoradores y otros usuarios.

Sin embargo y como contrapartida, el incremento del tamaño de las colecciones ha provocado problemas crecientes de gestión y manejo, que son comunes en casi todos los bancos de germoplasma del mundo. El aumento del número de muestras y de la edad de las mismas hace que las necesidades de regeneración y sus costes asociados se incrementen de forma considerable, resultando las especies de polinización cruzada especialmente problemáticas. Asimismo, el elevado número de duplicaciones, entre y dentro de las colecciones, es un aspecto que reduce la eficacia de la conservación *ex situ* y que no tiene una solución sencilla. La dificultad de evaluación de grandes colecciones para caracteres de interés agronómico es también un hecho sobradamente conocido.

Por ello, además de dotar a las colecciones con una asignación suficiente de recursos humanos y materiales, resulta esencial llevar a cabo una racionalización de las mismas en el menor plazo posible, si se quiere reducir el riesgo de perder progresivamente el material genético que ha sido conservado a lo largo de las últimas décadas. Tanto las herramientas desarrolladas por la biología molecular como las aplicaciones derivadas de los sistemas de información ecogeográfica, pueden ser de notable utilidad para la consecución de este objetivo.

Finalmente, es necesario no olvidar la importancia que tiene el establecimiento de sistemas complementarios de conservación dinámica en finca, que permitan una adaptación de las poblaciones a cambios climáticos y a sistemas agrícolas respetuosos con el medio ambiente.

### 3.4. Referencias

- Alvarez, JM, Marín, ML. 1983. Un banco de germoplasma para especies hortícolas. ITEA 2: 25-37.
- Anderson E, Cutler HC. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Annals of Missouri Botanical Garden, 29: 69-89.
- Asfaw Z. 2000. The barleys of Ethiopia. En: Genes in the field. SB Brush (Ed.), IPGRI, Rome/IDRC, Ottawa/Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA, pp. 77-107.
- Barranco D, Rallo, L. 1983. Origen y difusión de los cultivares de olivo en Andalucía. ITEA 2:57-69.
- Berg T. 2009. Landraces and folk varieties: a conceptual reappraisal of terminology. Euphytica 166: 423-430.
- Brush SB. 1995. In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. Crop Science 35: 346-354.
- Cabello F. 1995. La colección de vides de 'El Encín'. Comunidad de Madrid, 125 pp.
- Camacho-Villa TC, Maxted N, Scholten M, Ford-Lloyd B. 2005. Defining and identifying crop landraces. Plant genetic resources: characterization and utilization 3: 373-384.
- FAO 2010. Segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia.
- FAO/Bioversity. 2012. Multi-Crop Passport Descriptors. v. 2. Roma, 11 pp.
- Felipe A. 1983. La colección varietal de almendro en el CRIDA-03 (INIA). ITEA, 2: 25-37.
- Frankel OH. 1970. Preface. En: Genetic resources in plants - Their exploration and conservation. O.H. Frankel, E. Bennett (Eds.). IBP Handbook n° 11, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 1-4.
- Friis-Hansen E, Sthapit B. 2000. Participatory Approaches to the Conservation and Use of Plant Genetic Resources. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Hammer K, Laghetti G. 2005. Genetic Erosion—Examples from Italy. Gene. Res. Crop Evol. 52: 629-634.
- Harlan JR. 1975. Our vanishing genetic resources. Science 188: 618-621.
- Hawkes JG, Maxted N, Ford-Lloyd BV. 2000. The ex situ conservation of plant genetic resources. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 250 pp.
- Herrero J. 1958. Sobre normalización de variedades frutales de hueso y pepita. Agricultura: Revista agropecuaria, 319: 615-618.
- Hodgkin T, Rao VR, Cibrian-Jaramillo A, Gaiji S. 2003. The use of ex situ conserved plant genetic resources. Plant genetic resources: characterization and utilization 1: 19-29.
- Kell SP, Maxted N, Allender C, Astley D, Ford-Lloyd BV, and contributors. 2009. Vegetable

- Landrace Inventory of England and Wales. The University of Birmingham, UK, 117 pp.
- Louette D, Charrier A, Berthaud J. 1997. In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51: 20-38.
  - Martín I, De la Cuadra C. 2012. Utilización del banco de germoplasma del CRF-INIA en los últimos 15 años (1997-2011). *Actas de Horticultura* 62: 67-68.
  - Maxted N, Magos-Brehm J, Kell S. 2013. Resource book for the preparation of national conservation plans for crop wild relatives and landraces. University of Birmingham, UK.
  - Negri V. 2003. Landraces in central Italy: Where and why they are conserved and perspectives for their on-farm conservation. *Gen. Res. Crop Evol.* 50: 871-885.
  - Negri V. 2005. Agro-biodiversity conservation in Europe: ethical issues. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 18: 3-25.
  - Negri V. 2007. Towards a more comprehensive definition of 'landrace' than currently published." En: Del Greco A, Negri V and Maxted N (compilers). Report of a Task Force on On-farm Conservation and Management, Second Meeting, 19-20 June 2006, Stegelitz, Germany. Bioversity International, Roma, Italia, 20 pp.
  - Nuez F, Ruíz JJ. 1999. La biodiversidad agrícola valenciana: estrategias para su conservación y utilización. Universidad Politécnica de Valencia, 130 pp.
  - Papa C. 1996. The 'farre de Montelione': landrace and representation. En: Hulled Wheats. Promoting the conservation and use of underutilised and neglected crops, (4), S Padulosi, K Hammer, and J Heller (Eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia, pp. 154-171.
  - Pistorius R. 1997. Scientists, plants and politics: a history of the plant genetic resources movement. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia, 133 pp.
  - Preston JM, Maxted N, Sherman R, Munro N, Ford-Lloyd BV. 2012. What's in a name: A closer look at heritage variety definition. En: *Agrobiodiversity Conservation: Securing the Diversity of Crop Wild Relatives and Landraces*. N. Maxted *et al.* (eds.), CAB International, Wallingford, UK, pp 152-160.
  - Ruiz M, Varela F. 1996. Colecciones de recursos fitogenéticos de cereales de invierno. *Agricultura: Revista agropecuaria* 763: 149-154.
  - Saxena S, Singh AK. 2006. Revisit to definitions and need for inventorization or registration of landrace, folk, farmers' and traditional varieties. *Current Science* 91: 1451-1454.
  - Van de Wouw M, Kik C, Van Hintum T, Van Treuren R, Visser B. 2010. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources, Characterization and Evaluation* 8 (01), 1-15.
  - Vogl-Lukasser BG, Falschlunger P, Blauensteiner P, Vogl CR. 2007. Proyecto "Gene-save"1272 GZ21.210/41-II1/03. Programa INTERREGG IIIA.
  - Zeven AC. 1998. Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104: 127-139.

## **4. Las variedades tradicionales como fuente de variación en mejora**

---

### **Maria José Díez\* y Belén Picó**

Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valencia (COMAV).

Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia.

\*mdiezni@btc.upv.es

#### **4.1. Introducción**

#### **4.2. Utilización de las variedades locales como fuente de genes de interés**

##### **4.2.1. Cultivos de cereales**

##### **4.2.2. Cultivos hortícolas**

#### **4.3. Agradecimientos**

#### **4.4. Referencias**

## 4.1. Introducción

Una variedad tradicional es, según la definición dada por Camacho Vila et al. (2005), una población dinámica de una especie cultivada que tiene un origen histórico, una identidad propia y que no ha sido sometida a procesos formales de mejora genética. Es con frecuencia genéticamente diversa, localmente adaptada y asociada a sistemas tradicionales de cultivo. Las variedades tradicionales constituyen una parte de elevado interés entre los recursos fitogenéticos disponibles para la mejora de un cultivo. Su interés viene dado entre otros motivos, por pertenecer a la especie cultivada y no presentar barreras de cruzabilidad ni caracteres agronómicos claramente desfavorables. Según la información facilitada por los centros del CGIAR, en los últimos 12 años se han distribuido entre diversos usuarios más de 1,1 millones de entradas, correspondiendo más de la mitad a variedades tradicionales (Wright, 1997).

La variabilidad de cada cultivo depende en gran medida de su historia evolutiva. El lugar y características concretas de su domesticación influyen notablemente en su base genética. Tras la domesticación se inicia un largo periodo de difusión, durante el cual se produce una progresiva adaptación a diferentes estreses bióticos y abióticos y una diversificación en función de las diferentes presiones de selección ejercidas por los agricultores. Estos procesos han enriquecido la diversidad de las variedades que se han ido originando. Olvidadas durante un tiempo, y en algunos casos perdidas debido a la erosión genética, hoy se está produciendo una recuperación de las variedades tradicionales, empleando para ello distintas estrategias que dependen de las características del propio cultivo, de su adaptación natural a determinadas condiciones edafoclimáticas y del uso al que van destinadas. En función de estos condicionantes, el aprovechamiento de estas variedades difiere notablemente en cuanto a su finalidad y estrategias utilizadas.

La diversidad genética presente en las variedades tradicionales actuales es muy elevada y mucho mayor que la de los materiales mejorados. Algunas prácticas ejercidas por los propios agricultores favorecen el mantenimiento y aumento de esta variabilidad. Un ejemplo de ello es la mezcla deliberada de variedades con distintas características en cereales (Whiteman, 1980; Zeven, 2000). Con ello se consigue un remarcable aumento de la variabilidad para distintos caracteres, como resistencia a enfermedades, adaptación a estreses abióticos, calidad y estabilidad de la producción (Zeven, 2002). Existe una bibliografía amplísima que pone de manifiesto la variabilidad, tanto morfológica como molecular, existente en variedades tradicionales en muchos cultivos, como cereales (trigo duro, Ruiz et al., 2013; maíz, Ruiz de Galarreta y Álvarez, 2001; cebada, Yahiaoui et al., 2008), leguminosas (judía, Lázaro et al., 2013; guisante, Martín-Sanz et al., 2011), frutales (manzano, Pina et al., 2014; peral, Miranda et al., 2010), especies forestales (castaño, Pereira-Lorenzo et al., 2010) y especies hortícolas (calabaza, Formisano et al., 2012; cebolla, Mallor et al., 2014; tomate, Cebolla-Cornejo et al., 2013). Las variedades tradicionales se siguen cultivando, no tanto

por su elevada producción, sino por su mayor estabilidad conseguida a través de generaciones de selección, deliberada y no deliberada, de genes de resistencia a estreses bióticos y de adaptabilidad a estreses abióticos, y a una equilibrada compensación entre genotipos.

Aparte del interés del cultivo de las variedades tradicionales en sí mismas por las características mencionadas, son también muy valiosas como fuente de genes de interés, en especial genes de resistencia a enfermedades, adaptación a estreses abióticos y calidad. En este capítulo, nos centraremos en este último aspecto, considerando la utilización de este tipo de variedades para la identificación de genes de interés y su utilización en mejora. Dada la extensa bibliografía existente, nos ocuparemos de algunos cultivos de cereales y hortalizas, por las características claramente diferenciales de estos dos grupos de cultivos, resaltando los rasgos principales de su utilización en cada uno de ellos y citando algunos de los ejemplos más relevantes.

## **4.2. Utilización de las variedades locales como fuente de genes de interés**

### **4.2.1. Cultivos de cereales**

Los cereales constituyen en gran medida la base de la alimentación mundial. Ello se refleja en la gran cantidad de germoplasma de estas especies conservada en los bancos de germoplasma. Alrededor del 45% de las entradas almacenadas a nivel mundial son de cereales (Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2009).

Las variedades élite de cereales que se cultivan actualmente han sido derivadas a partir de un “pool” de germoplasma relativamente reducido y están bien adaptadas a sistemas de cultivo de elevados “inputs”. Sin embargo, la necesidad de hacer frente a los nuevos retos planteados por enfermedades y estreses abióticos obliga a explotar más ampliamente los recursos fitogenéticos disponibles. Las variedades locales de cereales se presentan como un recurso muy valioso y todavía infrautilizado en la agricultura contemporánea. Presentan mucha mayor afinidad con los cultivares modernos que las especies silvestres y pueden ser fácilmente empleados como material fundacional en programas de mejora.

El Creciente Fértil constituye uno de los centros de diversidad más importantes para muchos cereales, particularmente trigo y cebada. Los procesos de domesticación a partir de estas regiones durante miles de años y la progresiva adaptación a un amplio rango de nuevos ambientes, respondiendo a presiones de selección debidas a nuevos patógenos y estreses abióticos y a la intervención humana, han contribuido a la creación de una enorme diversidad genética. Este proceso dio lugar a la multitud de razas locales con historias específicas y orígenes ecogeográficos diferentes (Theosome et al., 2010).

## Trigo

Las variedades locales de trigo son un buen ejemplo de reservorio de genes de resistencia o tolerancia a múltiples enfermedades. Son especialmente interesantes para encontrar resistencias de tipo cuantitativo con mecanismos diferentes a la hipersensibilidad, y que proporcionan una resistencia más durable. Se han llevado a cabo numerosos ensayos para identificar genes de resistencia a hongos, por ejemplo a *Mycospharella graminicola*, patógeno causante de una de las enfermedades foliares más graves del trigo extendida en todas las áreas de cultivo del mundo (Arraiano y Brown, 2006). Hasta un 73% de las variedades ensayadas fueron resistentes, destacando el cultivar local Rieti, uno de los ancestros de muchos cultivares europeos modernos de trigo, que fue resistente a todos los aislados estudiados. Unos años más tarde, Talebi et al. (2010) identificaron dos genes de resistencia a este mismo patógeno en la variedad local china 'Wangshuibai', convirtiéndose en una fuente de resistencia de elevado interés para los aislados presentes en ambientes mediterráneos. Otros trabajos han estado orientados a la búsqueda de resistencias frente a una de las enfermedades más importantes del trigo, el oídio causado por el hongo *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. Ensayos de cribado de cultivares antiguos y razas locales de trigo realizados desde los años 30 (Hsam y Zeller, 2002), han llevado a la identificación de genes *Pm* en materiales locales distribuidos ampliamente. La línea k-15560, seleccionada a partir de una variedad local se comportó como altamente inmune durante más de dos décadas (Peusha et al., 2002). Para este mismo patógeno, Kaur et al. (2008) encontraron variantes alélicas para el gen de resistencia *Pm3* en un conjunto de 1320 variedades locales de trigo. Adhikari et al. (2012) identificaron diversas regiones genómicas asociadas a la resistencia a la enfermedad bacteriana acusada por *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* en un conjunto de variedades locales de trigo de primavera.

Uno de los problemas más importantes del trigo es el causado por las royas. A pesar de los numerosos genes de resistencia que se conocen, la enorme variabilidad genética de este patógeno complica extraordinariamente el desarrollo de variedades con resistencia elevada y duradera. De especial relevancia es la aparición de la raza Ug99 y sus variantes de la roya del tallo, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, especialmente virulenta, detectada en Uganda en 1999 (Pretorius, 2000). En un esfuerzo por diversificar la base genética de la resistencia a la roya del tallo, la colección de razas locales de trigo del USDA-ARS National Small Grain Collection está siendo evaluada en el "International Stem Rust Nursery" en Njoro, Kenya. Desde 2007 cerca de 3000 variedades locales de trigo de primavera han sido probadas y se han identificado fuentes potenciales de resistencia (Bansal et al., 2008; Acevedo et al., 2011). Roelfs realizó en 1988 una revisión de la procedencia de los genes de resistencia a los distintos tipos de roya en trigo, determinando que muchos de ellos procedían de razas locales. En otra revisión más reciente realizada por Newton et al. (2010) sobre la utilidad de los cultivares locales en la mejora de cereales, quedó de manifiesto la gran cantidad de resistencias, tanto de control monogénico como poligénico identificadas en este tipo de germoplasma.

Las variedades tradicionales un tanto aisladas de las principales áreas de distribución de un cultivo, y especialmente adaptadas a ambientes sometidos a estreses abióticos extremos, ofrecen un reservorio de genes y alelos de especial interés que pueden suponer una mejora en los procesos adaptativos a determinados estreses. Reynolds et al. (2007) describen un ambicioso estudio llevado a cabo con más de 2000 entradas de variedades locales mexicanas ensayadas bajo condiciones de sequía. Cerca de una decena mostraron un nivel de adaptación similar a conocidas variedades comerciales adaptadas a la sequía. El conjunto de variedades locales seleccionadas reveló una amplia diversidad genética, constituyendo un conjunto de variedades de enorme valor para aumentar la base genética de las variedades modernas de trigo adaptadas a estreses abióticos.

### **Cebada**

En cebada, uno de los principales problemas es el oídio, causado por el hongo *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*. La mayor parte de genes de resistencia a oídio usados comercialmente proceden de poblaciones locales. Estas variedades se originaron en el Oeste de Asia, Etiopía y Norte de África (Czembor, 1976; Jørgensen & Jensen, 1997). Se han realizado numerosos ensayos con un gran número de razas de oídio y miles de variedades locales. Algunos de ellos incluyeron variedades locales del Mediterráneo oriental, Próximo Oriente, Nepal y China (Jørgensen y Jensen, 1997), Marruecos (Czembor, 2002), Libia (Czembor y Czembor, 2002) y Turquía (Czembor y Frese, 2003). Estos estudios han llevado a la identificación de gran número de fuentes de resistencia, seleccionándose algunas variedades con resistencia a un gran número de aislados, lo que permite ampliar la base genética de las resistencias utilizadas en la actualidad. Además de resistencias poligénicas, se han identificado algunas resistencias de tipo monogénico en variedades locales, por ejemplo el gen *mlo* que proporciona resistencia durable al oídio. Este gen fue identificado en variedades tradicionales etíopes e introducido posteriormente en gran parte de los cultivares europeos de cebada de primavera. A pesar del gran número de cultivares en los que se ha introgresado y las décadas que lleva en cultivo, sigue siendo efectivo, confiriendo una resistencia durable y de amplio espectro (Piffanelli et al., 2004).

Variedades locales de la mismas procedencias que las probadas para resistencia oídio han sido ensayadas frente a múltiples aislados de las tres principales royas que atacan a la cebada (roya de la hoja causada por *Puccinia hordei*, roya amarilla causada por *P. striiformis* f. sp. *hordei* y roya del tallo, causada por *P. graminis* f. sp. *tritici*), identificándose muchos genes de resistencia. Especial relevancia tiene la identificación de resistencia frente a un nuevo patotipo de *Puccinia hordei* virulento para el gen de resistencia *Rph7*, identificado en variedades procedentes de España y del Creciente Fértil (Shtaya et al., 2006). La colección nuclear española de cebada ha sido probada para distintos patógenos, incluidos hongos y virus, encontrando numerosas entradas prometedoras (Silvar et al., 2010).

La tolerancia a estreses abióticos, como las heladas o la salinidad, constituye un importante objetivo de mejora en los cereales. Aunque esta familia de cultivos está adaptada de forma natural a determinados estreses abióticos, todavía sigue siendo un objetivo de mejora de interés la adaptación a condiciones más extremas, ya que de esta forma es posible el cultivo en tierras marginales. En cebada, la selección de líneas tolerantes a las heladas a partir de cultivares locales turcos ha sido tan exitosa que ha dado lugar a que la producción, antes basada en variedades de primavera, haya evolucionado hacia el cultivo de variedades de invierno en las tierras altas. Hoy día el 60% de la producción se basa en cebada de invierno y las variedades locales han sido los parentales usados en los programas de mejora (Akar et al., 2009).

Otro importante objetivo de mejora en cebada es la tolerancia a la salinidad. Abo-Elenin et al. (1981) y Mano et al. (1996) realizaron estudios con 1163 y 6712 entradas respectivamente. La variedad Abyssinia fue la más tolerante, siendo capaces otras de las emsayadas de germinar en agua del mar. Esto indica el gran potencial de las variedades locales para la mejora de este carácter, aunque lo complicado del control genético, donde genes distintos son los responsables de la tolerancia a la salinidad en distintos estadios de desarrollo, ralentiza el desarrollo de los programas de mejora.

## **Maíz**

Las variedades locales de maíz desaparecieron del cultivo a partir de los años 50 con la comercialización a gran escala de los híbridos. El descubrimiento de los patrones heteróticos entre cruces de líneas de diversa procedencia centró todavía más el desarrollo posterior de híbridos en pocos materiales de partida, principalmente líneas desarrolladas a partir de la variedad Reid Yellow Dent y de la variedad Lancaster Surecrop. Este hecho llevó a un estrechamiento peligroso de la base genética de gran parte del cultivo de maíz, ya de por sí muy limitada al ser un cultivo de día corto muy sensible al fotoperiodo y, por lo tanto, de difícil adaptación a otras latitudes (Ordás y Revilla, 2010). En las últimas décadas, ha surgido un mayor interés por el uso de las variedades locales y de germoplasma exótico, conservados en los bancos de germoplasma, tanto en los programas de mejora llevados a cabo en Estados Unidos, primer productor mundial de este cereal (Mikel y Dudley, 2006), como en los programas europeos. El maíz llegó a Europa a través de España en 1943. Posteriormente, hubieron otras introducciones, algunas de las cuales procedían de Norteamérica, lo que propició su adaptación al frío clima de Centroeuropa (Rebourg et al., 2003; Reif et al., 2005). La permanencia del cultivo durante todo este tiempo dio lugar a adaptaciones a diferentes condiciones, generándose una gran cantidad de variedades locales de polinización abierta. Sin embargo, también en Europa se produjo la sustitución de este tipo de variedades por los híbridos obtenidos a partir de estas variedades adaptadas a condiciones europeas con maíces mejorados procedentes de Norteamérica. La necesidad de un ensanchamiento de la base genética de este cultivo, llevó, hace ya algunas décadas, a la utilización de ger-

germoplasma exótico y variedades locales. En los programas de mejora de maíz actuales las variedades locales se emplean para la creación de poblaciones sintéticas de amplia base genética, para desarrollo de colecciones nucleares y como fuentes potenciales de genes de interés (Drinic et al., 2012). Una evidencia de ello, es que en Alemania se han registrado 56 variedades desarrolladas a partir de germoplasma conservado en el banco de Gatersleben (Hammer et al., 2007, citado en Ordás y Revilla, 2010).

El clima extremo de varios países centroeuropeos donde se cultiva el maíz ha llevado a la búsqueda de soluciones en las variedades locales, ahora conservadas en bancos de germoplasma. Así, se han realizado grandes esfuerzos por encontrar variedades adaptadas a la sequía, uno de los estreses abióticos más importantes que afectan a este cultivo. Las más de seis mil entradas almacenadas en el Maize Research Institute Zemun Polje de Belgrado fueron ensayadas en condiciones de sequía. Después de varios ensayos, las variedades más tolerantes se estudiaron para determinar sus patrones heteróticos y aptitud combinatoria. Este amplio programa de mejora ha permitido no sólo mejorar el cultivo por su adaptación a la sequía, sino también ampliar considerablemente la base genética del material élite y las variedades cultivadas en varios países de Centro Europa (Andjelkovic et al., 2010; Babic et al., 2012). México es el centro de origen del maíz. Con su enorme diversidad, los maíces mexicanos han desempeñado un importante papel en el desarrollo de los cultivos modernos cultivados en todo el mundo. En condiciones de elevadas temperaturas se han identificado variedades tradicionales con un elevado grado de tolerancia a este estrés (Castro-Nava et al., 2012).

La calidad del grano es otro de los grandes objetivos de mejora en el maíz, ya que la composición relativa en proteína, aceite y almidón, determina el uso del grano. Las variedades locales suponen una importante fuente de genes para la mejora de este carácter. Numerosos estudios han documentado la variabilidad existente para la composición del grano de maíz (Berardo et al., 2009). Andjelkovic et al. (2011) llevaron a cabo un estudio con una colección de razas locales, identificando en muchas de ellas una excepcional calidad basada en el contenido en aceite, proteína y almidón, siendo idóneas para ser utilizadas en programas de mejora.

En conclusión, las variedades tradicionales de cereales han contribuido a proporcionar genes de resistencia a enfermedades y adaptación a estreses abióticos y, en menor medida, a genes involucrados en caracteres de calidad. Los cereales, cultivos base de la alimentación mundial, han alcanzado extensas áreas de cultivo en todo el mundo, por lo que existe una gran cantidad de variedades locales naturalmente adaptadas a múltiples ambientes. Esta riqueza de recursos genéticos constituye un seguro frente a las futuras necesidades para cubrir las exigencias alimentarias de las generaciones venideras.

#### 4.2.2. Cultivos hortícolas

A diferencia de los cereales, que suponen la base de la alimentación mundial, las hortalizas se consideran esenciales para lograr un aporte vitamínico adecuado, fibra, y minerales esenciales y para garantizar una dieta equilibrada. Las demandas del consumidor van dirigidas en este caso a una alimentación más saludable y diversificada. Los objetivos de mercado de los productos hortícolas son sumamente activos y cambiantes. La mejora genética en este tipo de cultivos es muy competitiva y está liderada por unas pocas empresas multinacionales, que cuentan con las tecnologías más modernas para el desarrollo de nuevas variedades, en la mayoría de los casos variedades híbridas. En la lucha por desarrollar variedades más productivas y resistentes, la mejora de las hortalizas dejó de lado la calidad de los productos. Sin embargo, desde hace ya algunos años se están poniendo en valor las variedades tradicionales de hortalizas en busca de la calidad y el sabor perdidos. Dependiendo del proceso evolutivo de cada cultivo, la base genética de las especies cultivadas difiere notablemente y, consecuentemente, la posibilidad de encontrar en las variedades tradicionales la variabilidad necesaria para los programas de mejora. Consideraremos algunos ejemplos representativos de dos de las familias de cultivos hortícolas de mayor importancia económica: las Solanáceas y las Cucurbitáceas.

##### **Cultivos de Solanáceas: el tomate**

El tomate sufrió una incipiente domesticación en lugares muy próximos a su centro de origen en Sudamérica, aunque los procesos más importantes se produjeron después de su traslado a Mesoamérica, lo que dio como resultado una marcada reducción de su base genética (Blanca et al., 2012a; 2015). En Europa el tomate encontró un centro secundario de diversificación, especialmente en Italia y España. Durante los siglos de cultivo, la adaptación a distintos ambientes y la selección y diversificación en diferentes formas, tamaños y colores dio lugar a una gran cantidad de variedades locales que todavía siguen cultivándose y vendiéndose en mercados locales. A pesar de su susceptibilidad a patógenos, las variedades locales todavía representan un reservorio de diversidad genética, especialmente para adaptación a estreses abióticos y calidad de los frutos (Corrado et al., 2014; Cortés-Olmos et al., 2015). En algunos casos también han sido identificadas resistencias a patógenos (Acciarri et al., 2010) e insectos (Digilio et al., 2010), aunque en este cultivo las fuentes de genes de resistencia han sido casi exclusivamente las especies silvestres emparentadas.

La sequía es uno de los principales estreses abióticos limitantes del cultivo del tomate en la región mediterránea. Un ejemplo de adaptación a la sequía lo constituye un tipo tradicional de tomate llamado “Tomate de colgar” (conocido como “Tomàtiga de ramellet” en las Islas Baleares y “Tomaca de penjar” en Cataluña y en la Comunidad Valenciana), que muestra un retraso en la maduración de los frutos, una elevada capacidad de conservación del fruto una vez recolectado y una adaptación especial de la planta para el cultivo en secano (Galmés et

al., 2011). Según los estudios realizados por Galmés et al. (2013) su adaptación a la sequía es debida a un incremento en la eficiencia del uso del agua claramente relacionada con cambios morfológicos en las propiedades anatómicas de las hojas. Se trata de un recurso de elevado interés para la mejora de este carácter.

Sin embargo, el mayor potencial de las variedades tradicionales de tomate, en cuanto a su interés como fuente de genes para la mejora, es por su elevada calidad organoléptica y nutricional, fruto de la selección efectuada por los agricultores. A este respecto existe una bibliografía amplísima sobre ensayos dedicados a la evaluación de los distintos componentes de la calidad. Rodríguez-Burruezo et al. (2005) evaluaron un conjunto de “heirlooms” de procedencia Norteamericana para una serie de caracteres de fruto, como forma y color y caracteres de calidad como sólidos solubles, acidez y contenido en ácido ascórbico. Entre las variedades ensayadas encontraron una extraordinaria variación para todos los caracteres, identificando fuentes de variabilidad de gran interés para ser utilizadas en programas de mejora. A nivel de nuestro país las variedades tradicionales están resurgiendo con gran fuerza. Por una parte existe un gran número de iniciativas cuya finalidad es poner en valor, a nivel local, conocidas variedades tradicionales por su excelente calidad. De otro lado, se están realizando muchos trabajos de caracterización minuciosa, incluyendo atributos de calidad, de colecciones de germoplasma de variedades locales (Roselló et al., 2013; Cortés-Olmos et al., 2015; Figás et al., 2015; Aguilar et al., 2014). A nivel europeo están en marcha proyectos encaminados a aprovechar la diversidad genética de las variedades tradicionales conservadas en distintas colecciones europeas para potenciar su uso, evitar su desaparición y hacer participar su riqueza en el desarrollo de cultivares mejorados. En este sentido, en el momento actual es ya una práctica habitual la utilización de este tipo de variedades por las empresas de semillas con el fin de mejorar la calidad de sus productos, aumentar la variabilidad morfológica y la adaptación a las distintas condiciones locales de cultivo.

### **Cultivos de Cucurbitáceas: el melón**

El melón es una de las cucurbitáceas de mayor interés mundial y la más importante en España, que es el primer productor y exportador europeo (FAOSTAT, 2015). Aunque su origen es todavía controvertido, habiéndose identificado parientes silvestres cercanos a la especie cultivada tanto en Australia, como en Asia y África (Pitrat, 2008; Sebastian et al., 2010), la gran variabilidad encontrada en los melones Indios (Dhillon et al., 2012) y los resultados de los estudios moleculares más recientes (Blanca et al., 2012b; Serres-Giardí y Dogimont, 2012; Esteras et al., 2013), sugieren la ocurrencia de varios sucesos de domesticación, que explicarían la variabilidad actualmente encontrada en las dos subespecies en las que tradicionalmente se ha dividido la especie, subespecie *agrestis* y subespecie *melo* (Pitrat, 2008). Uno de estos sucesos, ocurrido en India o Asia oriental, habría llevado a la variabilidad de la subespecie *agrestis*, distribuida mayoritariamente por India y extremo oriente (grupos *momordica*, *acidulus*, *conomon*, *chinensis* o *makuwa*), otro, ocurrido probablemente en Asia

occidental, habría resultado en la diversidad de la subespecie *melo*, acualmente distribuida en forma de variedades locales en Asia, Africa y Europa (grupos *inodorus*, *cantalupensis*, *adana*, *ameri chandalack*, *flexuosus*, *chate*, *dudaim*, etc.). La evolución y selección de las variedades locales de ambas subespecies ha dado lugar a los cultivares comerciales actuales, los de la subespecie *melo*, más frecuentes en mercados occidentales y difundidos a nivel mundial, y los de la subespecies *agrestis*, más restringidos a mercados orientales.

Los cultivares comerciales mas difundidos en el mundo pertenecen a dos grupos de la subespecie *melo*, *inodorus* y *cantalupensis*. En estos grupos botánicos, y en el resto de grupos de la especie, todavía existe un gran número de variedades tradicionales que se conservan como cultivos locales o se mantienen en bancos de germoplasma de todo el mundo. Se ha realizado un enorme esfuerzo orientado a la recogida y caracterización de estas variedades, procedentes de distintos centros primarios y secundarios de diversificación, como la India (Dhillon et al., 2012), África (Mliki et al., 2001; Mohamed and Yousif, 2004), China (Luan et al., 2008), Irán (Raghmi et al., 2014), Turquía (Frary et al., 2013), Túnez (Trimech et al., 2013) y España (Escribano et al., 2012; Esteras et al., 2013). Todas estas variedades presentan una gran diversidad en la respuesta a plagas y enfermedades, así como en características de floración y tipo de fruto. Como no presentan ningún tipo de barrera sexual con los tipos comerciales, al tratarse de la misma especie, suponen un reservorio importante de genes de interés de fácil uso en los programas de mejora.

Si repasamos la historia de la mejora del melón, como en el caso de otros cultivos, el aspecto más importante ha sido la introducción de resistencias a enfermedades fúngicas y virales (Pitrat, 2008). Para ello, ha sido clave el empleo de la variación procedente de la India y Lejano Oriente, en forma de variedades locales de los grupos *momordica*, *chinensis* y *conomon* de la subespecie *agrestis*. Así, uno de los primeros cultivares mejorados de melón, PMR45, fue desarrollado en California a principios del siglo XX (Jagger y Scott, 1937), e incorporaba resistencia, procedente del grupo *momordica*, al principal patógeno fúngico de este cultivo, el oídio. El oídio del melón (causado por *Podosphaera xanthii* y *Golovinomyces cichoracearum*) es una enfermedad enormemente compleja y desde el desarrollo de aquel primer cultivar resistente se han identificado muchas otras fuentes que, en general, proporcionan resistencia a una o varias razas de estos patógenos (Lebeda et al., 2016). Aparte del grupo *momordica*, variedades indias o africanas del grupo *acidulus* son las que han proporcionado la mayoría de las fuentes de resistencia a estos dos patógenos (Nunes et al., 2015).

Entre los patógenos fúngicos, además del oídio, destacan los patógenos de suelo, cuya incidencia y gravedad crece en el momento actual debido al incremento de las temperaturas, la falta de agua y la prohibición de fumigantes de amplio espectro. *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* es el causante de la fusariosis del melón. Los genes *Fom*, dominantes, descritos inicialmente en el cultivar del grupo *cantalupensis* Doublon y la línea CM 17187 fueron también identificados en variedades indias del grupo *momordica*, que presentan además resistencia

a mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) confirmando la relevancia de este material. Estos genes fueron incorporados en los cultivares comerciales, pero no solucionan el problema de este patógeno, ya que no confieren resistencia a la nueva raza 1.2. La resistencia a esta nueva raza procede de variedades orientales de tipo *conomon*. También de melones exóticos de esta zona, concretamente de la entrada Coreana Pat 81, del grupo *chinensis*, deriva la resistencia a *Monosporascus cannonballus*, responsable de la muerte súbita o colapso del melón (Roig et al., 2012).

En el caso de las resistencias a virus, también han sido relevantes los grupos *momordica*, *acidulus*, *chinensis* y *conomon* y en menor medida los tipos *flexuosus*. Se han encontrado variedades portadoras del gen *VAT* que confiere resistencia al pulgón *Aphis gossypii*, el vector transmisor del principal grupo de virus que afectan al melón, los potivirus (incluyendo el ZYMV, WMV y el PRSV) (Dogimont, 2011). También derivadas de estas fuentes se han descrito resistencias a otras familias de virus (Pitrat 2008), incluyendo el agresivo virus del rizado amarillo de Nueva Delhi (ToLCNDV) (López et al., 2015), de muy reciente aparición en España afectando a los cultivos de melón. En general, muchas de las variedades empleadas han sido multiresistentes a hongos y virus (*momordica*: PI 414723, PI 124112, *acidulus*: TGR- 1551, *chinensis*: PI 161375).

Las variedades de la subespecie *agrestis* han sido pues las que se han empleado fundamentalmente para la mejora de los cultivares comerciales de melón. De hecho, la mayoría de los cultivares comerciales actuales acumulan resistencias a oídio, fusarium y a pulgón derivadas de este germoplasma. En su mayoría, estas variedades producen melones de pequeño tamaño, alargados u ovals y no dulces (Leida et al., 2015), muy distintos de los melones de mayor tamaño y dulzor, con formas en ocasiones mas redondeadas, que se encuentran en nuestros mercados.

Los estudios actuales apuntan a que hay un elevado nivel de variación todavía sin explotar en la subespecie *melo*. Por ejemplo, se ha descrito una amplia diversidad en características morfológicas y de adaptación al medio en las variedades asiáticas, fundamentalmente pertenecientes a los tipos *ameri*, *chandalack* y *adana* (Mavlyanova et al., 2005; McCreight et al., 2010). Se piensa que estas variedades son precursoras de los tipos dulces de los grupos *cantalupensis* y *inodorus* (base de los cultivares comerciales actuales). Estas variedades se habrían introducido en Europa, desde Asia o desde el Norte de África, en distintas épocas y por distintas rutas (Paris et al., 2012) y habrían estado seguidas de un proceso de difusión y adaptación a las distintas zonas. La adaptación a los veranos largos y cálidos del sur de España habrían dado lugar a los tipos *inodorus* típicos de nuestro país.

España es considerada como un cenro secundario de diversificación del melón, donde se habrían adaptado fundamentalmente tipos no climatéricos, de corteza gruesa, tamaño grande, pulpa blanco verdosa y elevado contenido en azúcares. Las preferencias de los agricultores

en distintas áreas han generado una gran variabilidad de colores y texturas (Piel de Sapo, Blancos, Amarillos, Tendrals, Rochets). Parte de esta variación seleccionada durante siglos por los agricultores ha llegado hasta nuestros días, y a pesar de los procesos de erosión genética y desplazamiento por los híbridos comerciales, todavía quedan ejemplos representativos de su gran calidad, como el Melo Groc d'Ontynyent o el Melón de Villaconejos. La calidad y genes de adaptación que estas variedades pueden ofrecer para el desarrollo de nuevos cultivares está todavía por explotar.

### 4.3. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por los proyectos RFP2013-00011-00-00 y E\_RTAE2013-00020-C04-03 del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad y cofinanciados con fondos FEDER.

### 4.4. Referencias

- Abo-Elenin RA, Heakal MS, Gomaa AS, Moseman JG. 1981. Studies on salt tolerance in barley and wheat. Source of tolerance in barley germplasm. *Barley Genet.* IV, 402–409.
- Acevedo M, Newcomb M, Rouse M, Bockelman HE, Goates BJ, Jackson EW, Jin Y, Brown-Guedira G, Kilian A, Njau P, Singh D, Wanyera R, Bonman JM. 2011. Looking for a needle in a haystack: Screening of the International Stem Rust Nursery in Kenya for new sources of resistance in spring wheat expo landraces. En: (McIntosh R, Ed) BGRI International Workshop. June, 13-16, St. Paul, Minnesota: 140-143.
- Acciarri N, Sabatini E, Ciriaci T, Rotino LG, Valentino D, Tamietti G, 2010. The presence of genes for resistance against *Verticillium dahliae* in Italian tomato landraces. *Eur. J. Hortic. Sci.* 75: 8-14.
- Adhikari TB, Gurung S, Hansen JM, Jackson EW, Bonman JM. 2012. Association Mapping of Quantitative Trait Loci in Spring Wheat Landraces Conferring Resistance to Bacterial Leaf Streak and Spot Blotch. *The Plant Genome* 5: 1-16.
- Aguilar M, Bruna P, Llamazares A, Mallor C. 2014. Evaluación de material vegetal seleccionado de tomate Rosa de Barbastro (*Solanum lycoepersicum* L.). *Actas de Horticultura* 69: 201-202.
- Akar T, Francia E, Tondelli A, Rizza F, Stanea AM, Pecchioni N. 2009. Marker-assisted characterization of highly Frost Tolerant Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Plant Breeding* 128: 381-386.
- Andjelković V, Božinović S, Pavlov M, Vančetović J. 2010. Combining abilities for grain yield of the most drought tolerant maize accessions from the MRI gene bank. In: Book of Proceedings of 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture, February 15-19, 2010, Opatija, Croatia, pp. 368-371.
- Andjelkovic V, Kravic N, Vancetovic J, Dragicevic V, Drinic Mladenovic S. 2011. Maize

- landraces as a natural source of beneficial traits. Proceeding of the 4<sup>th</sup> International scientific conference, 1-3 June 2011, Vukovar, Croatia, pp. 37-45.
- Arraiano LS, Brown JKM. 2006. Identification of isolate-specific and partial resistance to *Septoria tritici* blotch in 238 European wheat cultivars and breeding lines. *Plant Pathol.* 55: 726-738.
  - Babic V, Vancetovic J, Prodanovic S, Andjelkovic V, Babic M, Kravic N. 2012. The identification of drought tolerant maize accessions by two-step cluster analysis. *Romanian Agric. Res.* 29: 53-61.
  - Bansal UK, Singh D, Miah H, Park RF, Bariana HS. 2008. Revisiting old landraces of wheat for stem rust resistance. In: Appels R; Eastwood R; Lagudah E; Langridge P; Mackay M; McIntyre L; Sharp P (eds) *Proc 11th Int Wheat Genet Symp*, University of Sydney Press NSW, Australia, Vol 1: 188-190.
  - Berardo N, Mazzinelli G, Valoti P, Laganà P, Redaelli R. 2009. Characterization of maize germplasm for the chemical composition of the grain. *J. Agric. Food Chem.* 57: 2378-2384.
  - Blanca J, Cañizares J, Cordero L, Pascual L, Díez MJ, Nuez F. 2012a. Variation Revealed by SNP Genotyping and Morphology Provides Insight into the Origin of the Tomato. *PLoS ONE* 7: e48198. doi:10.1371/journal.pone.0048198.
  - Blanca JM, Gómez CE, Areitioaurtena PZ, Pérez D, Fernandez-Pedrosa V, Collado C, de Pablos RR, Ballester A, Roig-Montaner MC; Sales JC, Picó-Sirvent MB. 2012b. Transcriptome sequencing for SNP discovery across *Cucumis melo*. *BMC Genomics* 13: 280. doi: 10.1186/1471-2164-13-280.
  - Blanca J, Montero-Pau J, Sauvage Ch, Bauchet G, Illa E, Díez MJ, Francis D, Causse M, van der Knaap E, Cañizares J. 2015. Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions. *BMC Genomics* 16:257 doi:10.1186/s12864-015-1444-1.
  - Camacho Villa TC, Maxted N, Scholten MA, Ford-Lloyd BV. 2005. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genet. Res.* 3: 373-384.
  - Castro-Nava S, Ramos-Ortíz VH, Reyes-Méndez CA, Briones-Encinia F, López-Santillán JA. 2012. Preliminary field screening of maize landrace germplasm from northeastern Mexico under high temperatures. *Maydica* 56: 77-82.
  - Cebolla-Cornejo J, Roselló S, Nuez F. 2013. Phenotypic and genetic diversity of Spanish tomato landraces. *Scientia Hort.* 162: 150-164.
  - Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. 2009. Draft second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture, Rome, 15-17 July 19-23 October 2009. <http://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/017/ak528e.pdf>
  - Corrado G, Caramante M, Piffanelli P, Rao R. 2014. Genetic diversity in Italian tomato landraces: Implications for the development of a core collection. *Sci. Hortic.* 168: 138-144.
  - Cortés-Olmos C, Valcárcel JV, Roselló J, Díez MJ, Cebolla-Cornejo J. 2015. Traditional Eastern Spanish varieties of tomato. *Scientia Agricola* 5: 420-431.
  - Czembor HJ. 1976. Sources of resistance of barley to *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. *Hod. Rooel Aklim. Nas.* 20: 467-490.

- Czembor JH. 2002. Resistance to powdery mildew in selections from Moroccan barley landraces. *Euphytica* 125: 397-409.
- Czembor JH, Czembor HJ. 2002. Selections from barley landrace collected in Lybia as new sources of effective resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). *Rostlinná Vyroba* 48: 217-223.
- Czembor JH, Frese L. 2003. Powdery mildew resistance in selections from barley landraces collected from Turkey. *Die Bodenkultur* 54: 35-40.
- Dhillon NPS, Monforte AJ, Pitrat M. 2012. Melon landraces of India: Contributions and importance. En: Janick J. Ed. *Plant Breeding Review*. Wiley, Hoboken, pp 85–150.
- Digilio MC, Corrado G, Sasso R, Coppola V, Iodice L, Pasquariello M, Bossi S, Maffei ME, Coppola M, Pennacchio F, Rao R, Guerrieri E. 2010. Molecular and chemical mechanisms involved in aphid resistance in cultivated tomato. *New Phytol.* 187: 1089-1101.
- Dogimont, C. 2011. Gene List for Melon. *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 33-34: 104-133.
- Drinic SM, Andjelkovic V, Micic DI. 2012. Genetic Diversity of Maize Landraces as Sources of Favorable Traits, *The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity*. Caliskan M (Ed.), ISBN: 978-953-51-0157-4, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/the-molecular-basis-of-plant-genetic-diversity/genetic-diversity-of-maizelandraces-as-sources-of-favorable-traits>.
- Escribano S, Lázaro A, Cuevas HE, López-Sesé AI, Staub JE. 2012. Spanish melons (*Cucumis melo* L.) of the Madrid provenance: a unique germplasm reservoir. *Genet. Resour. Crop Evol.* 59:359–373.
- Esteras C, Formisano G, Roig C, Díaz A, Blanca J, Garcia-Mas J, Gómez-Guillamón, ML, López-Sesé AI, Lázaro A, Monforte AJ, Picó B. 2013. SNP genotyping in melons: genetic variation, population structure, and linkage disequilibrium. *Theor. Appl. Genet.* 126: 1285–1303.
- Figás M, Prohens J, Raigón MD, Fernández de Córdova P, Fita A, Soler S. 2015. Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) using conventional descriptors and the high throughput phenomics tool Tomato Analyzer. *Genet. Resour. Crop Evol.* 62: 189-204.
- Formisano G, Roig C, Esteras C, Ercolano MR, Nuez F, Monforte AJ, Picó MB. 2012. Genetic diversity of Spanish *Cucurbita pepo* landraces: An unexploited resource for summer squash breeding. *Genet. Resour. Crop Evol.* 59: 1169-1184.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production, [[http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries\\_by\\_commodity/S](http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/S)], consulta 2015.
- Frary A, Sigva HO, Tan A, Taskin T, Inal A, Mutlu S, Haytaoglu M, Doganlar S. 2013. Molecular genetic diversity in the Turkish national melon collection and selection of a preliminary core set. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 138: 50–56.
- Galmés J, Conesa MA, Ochogavía JM, Perdomo JA, Francis DM, Ribas-Carbó M, Savé R, Flexas J, Medrano H, Cifre J. 2011. Physiological and morphological adaptations in relation to water use efficiency in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*.

- Plant, Cell and Environment 34: 245-260.
- Galmés J, Ochogavía JM, Gago J, Roldán EJ, Cifre J, Conesa MA. 2013. Leaf responses to drought stress in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*: anatomical adaptations in relation to gas exchange parameters. Plant, Cell and Environment 36: 920-935.
  - Hammer K, Heuser F, Khoshbakht K, Teklu Y. 2007. Plat genetic resources for breeding. Pp. 90-95. En *Acquaah: Principles of plant genetics and breeding*. Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts, EEUU.
  - Hsam SLK, Zeller FJ. 2002. Breeding for powdery mildew resistance in common wheat (*Triticum aestivum* L.). In: Bélanger RR, Bushnell WR, Dik AJ, Carver TLW (Eds.). *The powdery mildews: A comprehensive treatise*, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA, pp: 219-238.
  - Jagger IC, Scott GW. 1937. Development of powdery mildew resistant cantaloupe No. 45. USDA Circul. 441: 1-5.
  - Jørgensen JH, Jensen, HP. 1997. Powdery mildew resistance in barley landrace material. I. Screening for resistance. *Euphytica* 97: 227-233.
  - Kaur N, Street K, Mackay M, Yahiaoui N, Keller B. 2008. Molecular approaches for characterization and use of natural disease resistance in wheat. *Eur. J. Plant Pathol.* 121: 387-397.
  - Lázaro A, Villar B, Aceituno-Mata L, Tardío J, De la Rosa L. 2013. The Sierra Norte of Madrid: An agrobiodiversity refuge for common bean landraces. *Genet. Resour. Crop Evol.* 60: 1641-1654.
  - Lebeda A, Křístková E, Sedláková B, McCreight JD, Coffey MD. 2016. Cucurbit powdery mildews: methodology for objective determination and denomination of races. *Eur. J. Plant Pathol.* 144:399–410
  - Leida C, Moser C, Esteras C, Sulpice R, Lunn J, De Langen F, Monforte AJ, Picó B. 2015. Variability of candidate genes, genetic structure and association with sugar accumulation and climacteric behavior in a broad germplasm collection of melon (*Cucumis melo* L.) *BMC Genetics* 2015, 16: 28. DOI: 10.1186/s12863-015-0183-2.
  - Lopez C, Ferriol M, Pico B. 2015. Mechanical transmission of Tomato leaf curl New Delhi virus to cucurbit germplasm: selection of tolerance sources in *Cucumis melo*. *Euphytica*, 204: 679-691.
  - Luan F, Delannay I, Staub JE. 2008. Chinese melon (*Cucumis melo* L.) diversity analyses provide strategies for germplasm curation, genetic improvement, and evidentiary support of domestication patterns. *Euphytica*. 164:445–46.
  - Mallor C, Arnedo-Andrés MS, Garcés-Claver A. 2014. Assessing the genetic diversity of Spanish *Allium cepa* landraces for onion breeding using microsatellite markers. *Scientia Hort.* 170: 24-31.
  - Mano Y, Nakazumi H, Takeda K. 1996. Varietal variation in and effect of some major genes on salt tolerance at the germination stage in barley, *Breeding Sci.* 46 . 227-233.
  - Martin-Sanz A, Caminero C, Jing R, Flavell AJ, De la Vega MP. 2011. Genetic diversity

- among Spanish pea (*Pisum sativum* L.) landraces, pea cultivars and the world *Pisum* sp. core collection assessed by retrotransposon-based insertion polymorphisms (RBIPs). *Span. J. Agric. Res.* 9: 166-178.
- Mavlyanova R, Rustamov A, Khakimov R, Khakimov A, Turdieva M, Padulosi S. 2005. O'zbekiston Qovunlari [Melons of Uzbekistan]. Rome: IPGRI
  - McCreight JD, Kokanova E, Wehner TC, Davis AR. 2010. Turkmenistan melon (*Cucumis melo*) and watermelon (*Citrullus lanatus*) germplasm expedition 2008. In: Thies J, Kousik S, Levi A. eds. Cucurbitaceae 2010 Proceedings. Alexandria, VA: Am. Soc. Hort. Sci.: 139-142.
  - Mikel MA, Dudley JW. 2006. Evolution of North American dent corn from public to proprietary germplasm. *Crop Sci.* 46: 1193-1205.
  - Mliki A, Staub JE, Zhangyong S, Ghorbel A. 2001. Genetic diversity in melon (*Cucumis melo* L.): An evaluation of African germplasm. *Genetic Resources Crop Evol.* 48:587–597.
  - Miranda C, Urrestarazu J, Santesteban LG, Royo JB, Urbina V. 2010. Genetic diversity and structure in a collection of ancient Spanish pear cultivars assessed by microsatellite markers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 135: 428-437.
  - Mohamed ETI, Yousif MT. 2004. Indigenous melons (*Cucumis melo* L.) in Sudan: A review of their genetic resources and prospects for use as sources of disease and insect resistance. *Plant Genet. Resources Nwsl.* 138:36–42.
  - Newton AC, Akar A, Baresel JP, Pebeli PJ, Bettencourt E, Bladenopoulos KV, Czembor JH, Fasoula DA, Katsiotis A, Kuotis K, Moutsika-Sotiriou M, Kovacs G, Larsson H, Pinheiro de Carvalho MAA, Rubiales D, Russell, J, Dos Santos TMM, Vaz Patto MC. 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 237-269.
  - Nunes E, Ricarte A, Martínez E, Esteras C, Nunes G. Picó, B. 2015 Morphological and molecular characterization of new melon germplasm resistant to *Podosphaera xanthii*. V ISHS International Symposium on Cucurbits 2015 - Cartagena (Spain), 22-26 June 2015.
  - Ordás A, Revilla P. 2010. Poblaciones de premejora. En: Carrillo JM, Díez MJ, Pérez de la Vega, M, Nuez, F (Eds.), *Mejora genética y Recursos Fitogenéticos: Nuevos avances en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid: 645-681.
  - Paris H, Amar Z, Lev E. 2012. Medieval emergence of sweet melons, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae) *Annals of Botany* 1: 23-33.
  - Pereira-Lorenzo S, Costa RML, Ramos-Cabrer AM, Ribeiro CAM, Da Silva MFS, Manzano G, Barreneche T. 2010. Variation in grafted European chestnut and hybrids by microsatellites reveals two main origins in the Iberian Peninsula. *Tree Genet. Genomes* 6: 701-715.
  - Peusha H, Lebedeva T, Priilinn O, Enno T. 2002. Genetic analysis of durable powdery mildew resistance in a common wheat line. *Hereditas* 136: 201-206.
  - Piffanelli P, Ramsay L, Waugh R, Benabdelmouna A, D'Hont A, Hollricher K, Jørgensen

- JøH, Schulze-Lefert P, Panstruga R. 2004. A barley cultivation-associated polymorphism conveys resistance to powdery mildew. *Nature* 430: 887-891.
- Pina A, Urrestrarazu J, Errea P. 2014. Analysis of the genetic diversity of local apple cultivars from mountainous areas from Aragon (Northeastern Spain). *Scientia Hort.* 174: 1-9.
  - Pitrat M. 2008. Melon (*Cucumis melo* L.). In: Prohens J, Nuez F, editors. *Handbook of Crop Breeding, vol I: Vegetables*. New York: Springer; 2008. pp. 283-315.
  - Pretorius ZA, Singh RP, Wagoire WW, Payne TS. 2000. Detection of Virulence to Wheat Stem Rust Resistance Gene *Sr31* in *Puccinia graminis*. f. sp. *tritici* in Uganda. *Plant Disease* 84:203.
  - Raghani M, López-Sesé AI, Hasandokht MR, Zamani Z, Moghadam MRF, Kashi A. 2014. Genetic diversity among melon accessions from Iran and their relationships with melon germplasm of diverse origins using microsatellite marker. *Plant Syst. Evol.* 300: 139-151.
  - Rebourg C, Chastanet M, Gouesnard B, Welcker C, Dubreuil P, Charcosset A. 2003. Maize introduction into Europe: the history reviewed in the light of molecular data. *Theor. Appl. Genet.* 106:895-903.
  - Reif JC, Hamrit S, Heckenberger M, Schipprack W, Maurer, HP, Bohn M, Melchinger AE. 2005. Genetic structure and diversity of European flint maize populations determined with SSR analyses of individuals and bulks. *Theor. Appl. Genet.* 111: 906-913.
  - Reynolds R, Dreccer F, Trethowan R. 2007. Drought-adaptive traits from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany* 58: 177-186.
  - Rodríguez-Burruezo A, Prohens J, Roselló S, Nuez F. 2005. “Heirlooms” varieties as source of variation for the improvement of fruit quality in green-house grown tomatoes. *J. Hort. Sci. Biotech.* 80: 453-460.
  - Roig C, Fita A, Ríos G, Hammond JP, Nuez F, Picó B. 2012. Root transcriptional responses of two melon genotypes with contrasting resistance to *Monosporascus cannonballus* (Pollack et Uecker) infection. *BMC Genomics*, 8;13:601.
  - Roselló J, Valcárcel JV, Díez MJ, Cebolla J. 2013. Las variedades tradicionales de tomates. Un recurso de Interés. *Cam Valencià* 214: 1-8.
  - Ruiz M, Giraldo P, Royo C, Carrillo JM. 2013. Creation and validation of the Spanish durum wheat core collection. *Crop Sci.* 53: 2530-2537.
  - Ruiz De Galarreta JI, Alvarez A. 2001. Morphological classification of maize landraces from northern Spain. *Genet. Resour. Crop Evol.* 48, 391–400.
  - Sebastian P, Schaefer H, Telford IRH, Renner SS, 2010. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2010; 107:14269-14273.
  - Serres-Giardi L, Dogimont C. 2012. How microsatellite diversity helps to understand the domestication history of melon. In: Sari, Solmaz, Aras, editors. *Cucurbitaceae 2012, Proceedings of the Xth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae*.

- Antalya (Turkey) October 15-18th ; 2012. pp. 254-263.
- Shtaya MJY, Sillero JC, Rubiales D. 2006. Identification of resistance against a new pathotype of *Puccinia hordei* with virulence for the resistance gene *Rph7*, Eur. J. Plant Pathol. 115: 309–321.
  - Silvar C, Casas AM, Kopahnke D, Habekuß A, Schweizer G, Gracia MP, Lasa JM, Ciudad FJ, Molina-Cano JL, Igartua E, Ordon F. 2010. Screening the Spanish Barley Core Collection for disease resistance. Plant Breeding 129: 45-52.
  - Talebi R, Mardi M, Jelodar N, Razavi M, Pirseyedi SM, Kema G, Mehrabi R, Ebrahimi M, Marcel TC. 2010. Specific Resistance Genes in Wheat Chinese Landrace ‘Wangshuibai’ against Two Iranian *Mycosphaerella graminicola* Isolates. International Journal of Biology 2:181-188.
  - Thesome A, Brown AHD, Hodgkin T. 2010. Diversity in landraces of cereal and legume crops. In: Janick J. (Ed.) Plant Breeding Reviews, John Wiley & Sons, Inc., pp: 221-261.
  - Trimech R, Zaouali Y, Boulila A, Chabchoub L, Ghezal I, Boussaid M. 2013. Genetic variation in Tunisian melon (*Cucumis melo* L.) germplasm as assessed by morphological traits. Genet. Resour. Crop Evol. 60:1621–1628.
  - Whiteman P. 1980. Wheat and barley in Nepal II. Plant Genet Res Newsl 42: 7–9.
  - Wright, B.D. 1997. Crop genetic resources policy: the role of ex situ genebanks. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 41: 81-115.
  - Yahiaoui S, Igartua E, Moralejo M, Ramsay L, Molina-Cano JL, Ciudad FJ, Lasa JM, Gracia MP, Casas AM. 2008. Patterns of genetic and eco-geographical diversity in Spanish barleys. Theor. Appl. Genet. 116: 271-282.
  - Zeven AC. 2000. Traditional maintenance breeding of landraces: 1. Data by crop. Euphytica 116: 65–85.
  - Zeven AC. 2002. Traditional maintenance breeding of landraces: 2. Practical and theoretical considerations on maintenance of variation of landraces by farmers and gardeners. Euphytica 123: 147–158.

## **5. Variedades tradicionales en una agricultura moderna: estrategias de re-valorización**

---

### **Jaime Prohens<sup>1\*</sup>, Francesc Casañas<sup>2</sup> y Juan José Ferreira<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera 14, 46022 Valencia

<sup>2</sup> Fundació Miquel Agustí-Universitat Politècnica de Catalunya, C/Esteve Terradas 8, Campus del Baix Llobregat, 08860 Castelldefels, Barcelona

<sup>3</sup> SERIDA, Apdo. 13, 33300 Villaviciosa, Asturias

\*jprohens@btc.upv.es

#### **5.1. Variedades tradicionales y su interés para una agricultura moderna**

##### **5.1.1. Variedades comerciales y tradicionales**

##### **5.1.2. Interés de las variedades tradicionales**

#### **5.2. Estrategias para la re-valorización**

##### **5.2.1. Estrategias basadas en la caracterización**

##### **5.2.2. Estrategias basadas en la selección**

##### **5.2.3. Estrategias basadas en la mejora genética**

#### **5.3. Ejemplos de recuperación y revalorización de variedades tradicionales**

##### **5.3.1. Berenjena de Almagro**

##### **5.3.2. Calçots**

##### **5.3.3. Escanda asturiana**

#### **5.4. Figuras legales para la re-valorización de las variedades locales**

##### **5.4.1. Algunos tipos de marcas geográficas europeas y objetivos que persiguen**

##### **5.4.2. Otras marcas vinculadas al territorio**

##### **5.4.3. Marcas vinculadas al germoplasma**

##### **5.4.4. Marcas vinculadas al método de cultivo o a la distancia respecto al consumidor**

#### **5.5. Conclusiones**

#### **5.6. Referencias**

## 5.1. Varietades tradicionales y su interés para una agricultura moderna

### 5.1.1. Varietades comerciales y tradicionales

Según la International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV, 1994) una variedad es *'un conjunto de plantas de un solo taxón botánico del rango más bajo conocido que, con independencia de si responde o no plenamente a las condiciones para la concesión de un derecho de obtentor, pueda:*

*-definirse por la expresión de los caracteres resultantes de un cierto genotipo o de una cierta combinación de genotipos*

*-distinguirse de cualquier otro conjunto de plantas por la expresión de uno de dichos caracteres por lo menos*

*-considerarse como una unidad, habida cuenta de su aptitud a propagarse sin alteración'.*

Las variedades comerciales son aquellas que derivan de un proceso de mejora genética orientado y que han sido o son distribuidas a través de canales comerciales que garantizan su identidad, pureza y estado sanitario. Están incluidas en listas de variedades comerciales o protegidas, nacionales (Oficina Española de Varietades Vegetales) o supranacionales (Oficina Europea de Varietades Vegetales), siendo necesario demostrar que son distintas a las previamente registradas, homogéneas, estables, y con valor agronómico reconocibles para su admisión en estas listas (Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos). Sólo aquellas variedades incluidas en los catálogos de variedades comerciales pueden ser comercializadas.

Por otra parte, están las variedades tradicionales, locales o 'landraces'. Para este tipo de materiales se han propuesto varias definiciones (véase p.ej. Zeven, 1998), aunque se suelen denominar variedades tradicionales a aquellas que han evolucionado durante mucho tiempo (generalmente superior a varias décadas) en unas condiciones ambientales particulares y bajo la gestión de agricultores que comparten una cultura de manejo y aprovechamiento de las plantas. Por este motivo, se hallan muy adaptadas al entorno y son capaces de absorber las oscilaciones ambientales habituales de la zona, garantizando un mínimo de producción. Otra característica generalmente asociada al término variedad tradicional es no haber estado sometidas a mejora genética científica. Su evolución se ha producido bajo la presión que han ejercido los ambientes climático, biótico y edáfico, junto con la actividad y selección del agricultor. La diferenciación entre variedad tradicional y comercial es en ocasiones difícil de establecer, pues muchas variedades comerciales fueron obtenidas a partir de variedades tradicionales y algunas variedades consideradas como tradicionales pueden derivar de variedades comerciales mantenidas por los agricultores durante varias generaciones.

### 5.1.2. Interés de las variedades tradicionales

Las variedades tradicionales tienen un importante valor por sí mismas como fuente de alimentos, como parte del patrimonio cultural de las regiones, comarcas o pueblos, como parte del germoplasma de las especies cultivadas y como potencial fuente de caracteres en los programas de mejora genética (Esquinas Alcázar, 1983). Sin embargo, a partir de mediados del siglo pasado las variedades tradicionales fueron perdiendo peso como material de cultivo y fueron sustituidas paulatinamente por las variedades comerciales mejoradas en el marco de una producción cada vez más tecnificada (Zeven, 1999). La revolución verde, resultado de la mejora genética combinado con la mejora del manejo del cultivo, ha conseguido incrementos extraordinarios de producción a costa de disminuir la diversidad puesto que el uso de energía e insumos externos nos permite uniformizar el entorno de cultivo en grandes zonas del planeta. Parte de esa diversidad histórica de las variedades tradicionales se ha almacenado en bancos de germoplasma, permaneciendo en gran medida escasamente caracterizada. Otra fracción se conserva en redes de mantenimiento '*on farm*' y, finalmente una pequeña parte subsiste de manera bastante residual principalmente en países en vías de desarrollo.

En los últimos años hay un creciente interés por las variedades tradicionales al considerarlas:

- una fuente de germoplasma para modelos de producción sostenible como la producción orgánica o ecológica (Reglamento CE No. 834/2007).
- una fuente de nuevos caracteres demandados tales como valor sensorial, valor nutricional, valor nutracéutico, adaptación a bajos insumos, etc.
- un recurso económico así como valor paisajístico para el medio rural.
- una fuente de diversidad para un mercado estandarizado ocupado por pocas variedades y escasa variación fenotípica.

Por todo ello resulta razonable considerar y aprovechar la variabilidad que nos ofrecen las variedades tradicionales conservadas en cualquiera de sus modalidades ('*ex situ*' o '*in situ*'), para alcanzar nuevos ideotipos con los que satisfacer la demanda de la cadena formada por productores, intermediarios y consumidores. No se trata únicamente de cultivar materiales antiguos y seguramente poco competitivos, sino de retroceder hasta el punto en que las variedades tradicionales fueron la base de la mejora científica (muchas variedades disponibles), y aplicar los métodos modernos de caracterización de germoplasma y selección para alcanzar nuevas metas. Es evidente que una buena parte de la variabilidad no nos convendrá, pero debemos conocerla para decidir.

A su vez podemos recuperar la componente cultural que tienen las variedades locales y de la cual adolecen las variedades hijas de la 'revolución verde' de momento huérfanas de vinculación gastronómica y cultural por ser globales. A este respecto, probablemente uno de los principales argumentos de mejora será sacar el máximo partido a interacciones genotipo x ambiente, por lo cual las variedades tradicionales de nueva generación seguirán teniendo como elemento diferencial su especial adaptación a ambientes particulares. Se trata simplemente de seguir permitiendo que las variedades locales evolucionen pero empleando la tecnología actual para dirigir su evolución.

En este trabajo presentamos estrategias encaminadas a contribuir a la re-valorización de las variedades tradicionales desde la perspectiva del material vegetal y mostramos tres casos en que se han utilizado dichas estrategias. Finalmente, se presentan distintas figuras legales reconocidas por la UE y diseñadas para la protección, diferenciación y valorización de las variedades tradicionales.

## **5.2. Estrategias para la re-valorización**

Para poder realizar una re-valorización de las variedades locales es necesario conocerlas bien. Ello permite identificar las características distintivas y comprobar las propiedades que se les atribuyen (o descubrir otras nuevas). La información que proporciona la caracterización permite la divulgación de sus propiedades objetivas y la promoción de aquellas variedades que tengan mayor interés o valor comercial. En estas variedades superiores a menudo será conveniente la realización de un programa de selección intravarietal, entendido como el aprovechamiento de la variación existente dentro de las variedades tradicionales. En otros casos será necesario recurrir a la mejora genética, empleando estrategias de generación de variación (por ejemplo la realización de cruzamientos dirigidos) seguidas de selección, con objeto modificar o incorporar algunas características y adaptarlas a las condiciones de cultivo y ambientales actuales. El germoplasma implicado en estos cruzamientos puede ser tanto propio de la variedad como ajeno, pero en todo caso, al final del proceso, no se pueden perder los caracteres distintivos de las variedades tradicionales valorados por los mercados.

### **5.2.1. Estrategias basadas en la caracterización**

Difícilmente se puede dar valor a una variedad tradicional de la cual no se conocen de forma clara sus características. De la misma forma, la falta de este conocimiento impide distinguirla de imitaciones o identificar variación útil. Además, el disponer de una caracterización detallada del material es generalmente necesario para su protección usando alguna de las figuras legalmente reconocidas. Por ello, una caracterización, entendida como el registro de atributos o caracteres con una alta influencia genética en su expresión, es esencial si se pretende su re-valorización. La caracterización puede incluir diferentes grados de detalle

así como diferentes tipos de caracteres como los morfológicos, marcadores moleculares, propiedades físicas, composición química, organoléptica, etc. Así mismo, conviene que las caracterizaciones sean llevadas a cabo en las regiones de origen de las variedades tradicionales dado que algunos aspectos fenotípicos pueden ser consecuencia de una estrecha interacción genotipo x ambiente.

La caracterización morfológica basada en descriptores estandarizados altamente heredables puede permitir la identificación de caracteres o combinaciones de caracteres específicos de una variedad tradicional que permitan identificarla y diferenciarla de otras sin ambigüedad. Para ello, es necesaria la comparación con un juego de variedades de referencia bien conocidas. Una vez obtenida esta huella morfológica se puede usar la misma para distinguirla de variedades similares e imitaciones, lo cual permite asegurar la autenticidad y por tanto incrementar el valor de la variedad tradicional. La caracterización morfológica puede realizarse mediante descriptores internacionalmente reconocidos, como los descriptores de Bioversity International, o a través de nuevas técnicas fenómicas (Houle et al., 2010), basadas en el análisis de imágenes que permiten la obtención de múltiples datos morfológicos de forma automatizada y totalmente objetivos. Entre éstos se puede citar el software Tomato Analyzer que permite obtener múltiples datos morfométricos de la forma del fruto de un amplio número de cultivos (Gonzalo et al., 2009). Por ejemplo, mediante una caracterización morfológica detallada, se han podido identificar descriptores que distinguen a las diferentes variedades tradicionales de tomate cultivadas en Valencia (Figàs et al., 2015a).

Las caracterizaciones morfológicas tienen sus limitaciones en la diferenciación de las variedades debido a la subjetividad de algunos descriptores o a cierta componente ambiental en la expresión. La caracterización genética basada en la variación de marcadores moleculares, fundamentalmente de ADN, puede resultar útil en estos casos, permitiendo: a) conocer la diversidad subyacente dentro del germoplasma local, b) poner en el contexto de la especie las variedades locales, esto es, grupos de germoplasma, posible centro de origen o domesticación, distancia genética con otras variedades, y c) disponer de una herramienta para la diferenciación y protección que permita confirmar que una determinada variedad se trata de un material genéticamente único y singular. Así, por ejemplo, el análisis de marcadores moleculares ha permitido establecer que la mayor parte de las accesiones incluidas una colección nuclear de judías establecida a partir de la colección del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF-INIA, Madrid) guarda una estrecha relación con el acervo genético andino (Pérez-Vega et al., 2009), que los materiales locales de avellano cultivados en Asturias difieren de otras variedades europeas y están íntimamente relacionadas entre ellas (Campa et al., 2011; Ferreira et al., 2010) o que la berenjena listada de Gandía es una variedad tradicional genéticamente única (Muñoz-Falcón et al., 2008). Por otra parte, la disponibilidad de una huella genética permite detectar de forma rápida imitaciones o etiquetados fraudulentos. A este respecto, en algunos casos se obtienen fenocopias de variedades tradicionales mediante la utilización de técnicas de cultivo específicas. Un ejemplo es la aplicación en

variedades modernas híbridas de tomate de auxinas durante el cuajado para producir frutos apuntados con morfología similar a la variedad tradicional de tomate Valenciano. Este tipo de frutos se puede encontrar ocasionalmente en el mercado etiquetados como tomate Valenciano y su calidad organoléptica es muy deficiente (agravada por el ahuecado producido por las auxinas) comparada con la variedad tradicional auténtica. En casos como este, el disponer de una huella genética produce un efecto disuasorio y facilita la detección de fraudes.

Otro enfoque en la caracterización es desde la perspectiva de composición en biomoléculas o nutrientes de interés. Un sector cada vez mayor de consumidores demanda productos agrícolas con propiedades beneficiosas para la salud. En particular, existe un interés por productos con un mayor contenido en compuestos bioactivos como vitaminas, antioxidantes, polifenoles, etc. Varios estudios (p.ej. Davis, 2009) muestran que como resultado de la mejora genética científica en muchos cultivos las variedades modernas han experimentado el efecto denominado 'dilución de nutrientes' asociado a una mayor productividad. Así, muchas variedades modernas tienen un contenido en nutrientes y compuestos bioactivos inferior al de variedades obsoletas y tradicionales. Un ejemplo, es el menor contenido en ácidos fenólicos, con propiedades bioactivas de interés en salud humana, en variedades modernas de muchas frutas y hortalizas debido a la selección por bajo pardeamiento (el cual se produce por la oxidación de compuestos fenólicos) (Kaushik et al., 2015). Por tanto, la caracterización de la composición química, en particular de determinados nutrientes y compuestos bioactivos, puede permitir identificar variedades tradicionales con contenidos excepcionalmente altos en los mismos, lo cual les otorga un alto valor. Además, la variación para este tipo de compuestos en colecciones de variedades tradicionales suele ser muy alto. Así, en el caso de las variedades tradicionales valencianas de tomate se ha encontrado una gran variación entre materiales de una misma variedad (Figàs et al., 2015b), lo cual puede aprovecharse para la selección intravarietal para un mayor contenido en compuestos bioactivos.

Una de las razones fundamentales por las que los consumidores están interesados en las variedades tradicionales es que a muchas de éstas se les atribuyen unas excelentes propiedades organolépticas, asociadas a lo que se denomina 'el sabor del pasado'. En algunos casos, esta atribución está justificada. Por ejemplo, en el caso de muchas hortalizas el cultivo fuera de estación, unido a una alta productividad (con el consiguiente efecto ya mencionado de 'dilución de nutrientes') y, en ciertos casos, la introducción de genes de larga vida, han dado lugar a variedades que a nivel organoléptico se perciben como peores que algunas variedades tradicionales. Por tanto, la caracterización organoléptica de variedades tradicionales puede contribuir a demostrar objetivamente la superioridad de algunas de ellas sobre las variedades modernas y por tanto aumentar su valor. Sin embargo, la realización de pruebas organolépticas serias y científicamente válidas requiere de la utilización de paneles de cata entrenados, lo cual es muy costoso en recursos. Una alternativa es la realización

de análisis de caracteres físico-químicos correlacionados con propiedades organolépticas, lo cual puede permitir identificar variedades tradicionales potencialmente superiores organolépticamente. Por ejemplo, en judía se ha realizado una caracterización sensorial de la semilla cocida de las entradas que constituyen la colección nuclear del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF-INIA) mediante espectrometría en el infrarrojo cercano (NIR), observándose un grado de diversidad para percepción de la piel, harinosidad, rugosidad, sabor y aroma, similar en magnitud a la que se presenta en las características agromorfológicas (Rivera et al., 2016).

### **5.2.2. Estrategias basadas en la selección**

Las variedades tradicionales, aunque muestren una similar apariencia fenotípica, suelen ser genéticamente heterogéneas debido a procesos de mutación, migración, deriva genética, recombinación y selección natural y artificial que afectan a su fondo genético. En cultivos autógamos dentro de una misma variedad tradicional pueden existir distintas líneas puras, mientras que en cultivos alógamos existen diferentes genotipos, de forma que para un mismo locus puede haber individuos homocigotos y heterocigotos. En el caso de cultivos de reproducción vegetativa dentro de variedad pueden existir distintos clones que en ocasiones muestran similares fenotipos. La existencia de esa variación hace posible la selección dentro de variedad local para aumentar la frecuencia de alelos o combinaciones genéticas deseadas sin que se pierdan las características típicas de la variedad tradicional.

Una de las modalidades de selección dentro de variedades locales más habitual es la selección masal (véase p.ej. Cubero, 2003), en la que se eliminan los individuos más alejados del ideotipo, con fenotipo menos deseable o con baja producción (selección negativa), o se seleccionan los mejores individuos de acuerdo a sus características productivas y tipología característica de la variedad local (selección positiva). En este tipo de selección se sigue manteniendo un cierto nivel de diversidad dentro de la variedad tradicional, lo cual les confiere un alto grado de resiliencia, entendida como la capacidad de superar perturbaciones del medio (estreses bióticos o abióticos) sin alterar significativamente la producción. La selección masal es la que han practicado históricamente los agricultores de forma intuitiva en las variedades locales (Zeven, 1998).

Otra alternativa es la selección individual (Cubero, 2003), la cual puede ser especialmente apropiada para cultivos autógamos ya que cada uno de los individuos seleccionados será potencialmente una línea pura, si es que la variedad se ha reproducido de forma continuada por autofecundación. Consiste en seleccionar individuos con las características genéticas deseables (comprobadas a través del estudio de las descendencias obtenidas por autofecundación) de forma que se dispondría de tantas líneas puras como individuos seleccionados. Estas líneas puras homocigotas deberían ser evaluadas y comprobar que las características típicas de la variedad se mantienen. De esta forma se puede conseguir

de forma rápida un incremento en la productividad y otras características de interés a partir de diversidad presente en las poblaciones de la variedad local reunidas. En la judía Ganxet por ejemplo, a partir de la exploración de unas 200 accesiones, mediante este método se seleccionó una sola línea pura (Montcau) que actualmente es la referencia en la Denominación de Origen Protegida Judía Ganxet (Bosch et al., 1998) (véase también más adelante el ejemplo de la escanda). Sin embargo, las líneas puras, al ser genéticamente uniformes, pueden presentar una menor estabilidad que las variedades tradicionales genéticamente heterogéneas, aunque existe la posibilidad de diseñar variedades multilínea con la combinación de las mejores líneas.

En el caso de los cultivos alógamos la selección masal consiste en recoger semilla únicamente de las plantas seleccionadas fenotípicamente y fecundadas libremente con el resto de la población. Los avances conseguidos están relacionados fundamentalmente con la heredabilidad del carácter o caracteres que se seleccionan. En cultivos de reproducción vegetativa la selección clonal dentro de variedad tradicional, aprovechando las mutaciones somáticas, puede dar lugar a nuevas poblaciones con mejor producción o precocidad sin variar las características esenciales de la variedad.

### **5.2.3. Estrategias basadas en la mejora genética**

Las variedades tradicionales han evolucionado durante mucho tiempo en unas condiciones agroecológicas específicas y se encuentran bien adaptadas a las mismas. Sin embargo, pueden mostrar algunos defectos o carencias como susceptibilidad a plagas y patógenos o falta de adaptación a determinados manejos de cultivo. También los efectos del cambio climático y la globalización, que facilita el intercambio de materiales, plagas y patógenos, pueden conllevar la aparición de nuevos problemas en el cultivo de las variedades locales, muy adaptadas unos ambientes particulares (Underwood et al., 2013). En ese caso, la mejora genética enfocada a corregir/minimizar ciertos defectos puede ayudar su re-valorización y/o adaptación de su cultivo. Un ejemplo claro es el de cereales como el trigo donde las variedades tradicionales son muy altas, de forma que cuando se les aplican altas dosis de fertilizante se produce el encamado al no poder sostener el tallo el peso de la espiga. Las variedades modernas, enanas o semienanas, solventan este problema. Otro ejemplo es la obtención de variedades con crecimiento determinado en el tipo de judía grano faba granja (*Phaseolus vulgaris* L.). La variedad tradicional de faba granja presenta una semilla blanca grande, oblonga y un hábito de crecimiento indeterminado trepador lo que complica el desarrollo y manejo del cultivo. A través de un programa de mejora genética se ha introgresado en faba granja el alelo recesivo del gen *fin* que controla el hábito de crecimiento determinado (tallos terminados en inflorescencia floral y planta enana) manteniendo el fenotipo de semilla típico de esta variedad tradicional (Ferreira et al., 2007). Por otra parte, algunas variedades tradicionales pueden mostrar elevada susceptibilidad a plagas y patógenos, en ocasiones aparecidas como consecuencia de la facilidad y rapidez de transporte de personas, material

vegetal y todo tipo de productos a nivel global. Así, las variedades tradicionales de tomate son susceptibles a muchas enfermedades víricas transmitidas de forma muy eficiente, lo cual hace que en muchas zonas no se puedan cultivar. También otros caracteres detrimentales presentes en variedades tradicionales, como puede ser la presencia de espinas en ciertas variedades tradicionales de berenjena, dificultan su comercialización.

En los casos en que existe una deficiencia específica en una variedad tradicional con una base monogénica u oligogénica, se puede utilizar el método de retrocruzamiento para corregirla (Cubero, 2003). De esta forma, se puede introgresar un carácter en una variedad tradicional manteniendo el fondo genético y las características típicas que definen la variedad tradicional. Para ello se cruzan la variedad tradicional con la variedad donante y el híbrido se retrocruza hacia el parental recurrente (variedad tradicional), realizándose selección fenotípica, con marcadores, o una combinación de ambas. Después de varias generaciones de retrocruzamiento y selección (usualmente entre cinco y seis) es posible obtener genotipos fenotípicamente idénticos al parental recurrente pero con el carácter introgresado. La selección mediante marcadores moleculares que cubran la mayor parte del genoma puede acelerar la rápida eliminación del genoma de la variedad donante en las sucesivas generaciones de retrocruzamiento (Heffner et al., 2010). Mediante retrocruzamientos se ha conseguido introgresar varias resistencias a virosis en el fondo genético de variedades tradicionales de tomate (García Martínez et al., 2015) o introgresar resistencia a virosis y antracnosis en la clase comercial de judía grano fabada (Ferreira et al., 2012). En otros casos en que los caracteres sean más complejos y/o multigénicos o cuya expresión dependa del fondo genético, la introducción del carácter puede resultar más compleja. En esta situación una solución, en caso de autógamias, es crear variabilidad mediante cruzamientos complementarios y recurrir a procesos de selección genealógica hasta conseguir nuevas líneas que combinen los aspectos positivos de los parentales. Así se han obtenido por ejemplo la variedad de judía Croscat, empleada ampliamente en la Denominación de Origen Protegida Fesols de Santa Pau (Almirall et al., 2010) con una arquitectura de la planta que permite una fácil mecanización de la cosecha, y la variedad de tomate Montgrí (Casals et al., 2010) del tipo Pera Girona, que aúna elevada producción con elevado valor sensorial.

Otra alternativa para la mejora de las variedades tradicionales es la obtención de híbridos que presenten características complementarias o transgresivas con respecto a los parentales. Los híbridos suelen presentar la ventaja de una mayor heterosis para caracteres productivos y en los casos de caracteres dominantes (como muchas resistencias a enfermedades) es suficiente que uno de los parentales lo presente para que se exprese en el híbrido. Se pueden obtener híbridos entre dos líneas puras procedentes de: a) una misma variedad, b) dos variedades tradicionales distintas o una variedad tradicional y una línea de mejora.

En el primer caso el híbrido obtenido tendrá el fondo genético de la variedad tradicional de referencia, mientras que en el segundo será de únicamente un 50% pero puede permitir

obtener individuos con bastantes características de la variedad tradicional que queremos mejorar y resistencias o características favorables derivadas de la segunda línea parental. En el caso de especies alógamas, la obtención de variedades sintéticas basadas en materiales locales puede representar también una alternativa para la mejora de las variedades tradicionales, con la ventaja de que su desarrollo puede ser más rápido que la obtención de híbridos y permite mantener una elevada diversidad genética.

También teóricamente la obtención de plantas transgénicas o cisgénicas, o la edición de genomas mediante técnicas de ingeniería genética podría suponer la mejora de forma rápida de variedades tradicionales para caracteres específicos e incluso afectar a múltiples caracteres cuando se trata con genes pleiotrópicos. Sin embargo, el rechazo tanto a nivel de opinión pública como legal de los organismos genéticamente modificados (OGM) hace que esta opción sea descartable en la mayoría de casos para la mejora de las variedades tradicionales.

### **5.3. Ejemplos de recuperación y revalorización de variedades tradicionales**

#### **5.3.1. Berenjena de Almagro**

La berenjena de Almagro (*Solanum melongena* L.) es una variedad tradicional de la comarca del Campo de Calatrava en Ciudad Real (Figura 1), que se utiliza fundamentalmente para su procesado industrial en distintas presentaciones (berenjena aliñada, embuchada, o troceada). Se trata de una variedad adaptada a cultivo al aire libre en su zona de origen, muy prolífica, con inflorescencias e infrutescencias múltiples, recogándose los frutos en un estado muy precoz de desarrollo (generalmente con un diámetro de la baya inferior a 5 cm) y que se caracteriza por un cáliz acrescente que cubre la mayor parte de la baya (Figura 1). Una vez recogidos los frutos, éstos se trasladan a las industrias donde tienen lugar los procesos de eliminación manual de espinas del cáliz, cocción, fermentación y aliñado. La berenjena de Almagro cuenta con el reconocimiento de una Indicación Geográfica Protegida (IGP) (Castro, 2005), pues aunque varios ingredientes (sal, pimentón, aceite, vinagre) no tienen por qué proceder de la área geográfica asociada a la IGP, los procesos clave de producción de la berenjena y la elaboración de la misma sí tienen que tener lugar en dicha área.

Para la elaboración de la berenjena de Almagro se utilizan materiales locales conservados por los agricultores, los cuales permiten obtener una calidad óptima. En otras regiones de España, y en particular en Andalucía, existen materiales de berenjena con características morfológicas similares a la berenjena de Almagro, pero que presentan una mayor producción y menor espinosidad. Sin embargo, en general, la calidad del producto final que se obtiene con las berenjenas andaluzas de encurtido es menor.

Con el fin de mejorar los distintos aspectos de la producción de la berenjena de Almagro y contribuir a la re-valorización de esta variedad se inició un programa de caracterización, selección y mejora genética (Hurtado et al., 2014). En una primera fase se llevó a cabo una prospección de los materiales de la variedad tradicional cultivados por los agricultores y se realizó una comparación a nivel morfológico y molecular con otras variedades de uso para encurtido, en particular con la variedad tradicional andaluza. Como resultado de la caracterización morfológica se comprobó que, como es habitual en las variedades tradicionales, la berenjena de Almagro presenta cierta variación morfológica y aunque es muy similar en morfología a la berenjena andaluza, presenta algunas diferencias que permiten distinguirla. Entre éstas se puede destacar que en la berenjena de Almagro la planta es más pequeña, la planta y el cáliz del fruto tienen una mayor espinosidad, y la longitud de pedicelo del fruto es más corta y de menor diámetro. En particular este último carácter es observable en los frutos ya elaborados, lo que permite en general distinguir si el producto ha sido elaborado con la variedad tradicional o no. El análisis de la diversidad molecular reflejó que, al igual que ocurre con la morfología, la berenjena de Almagro presenta un cierto grado de diversidad y es muy similar a la andaluza, aunque presenta dos marcadores SSR exclusivos y universales a los distintos materiales de berenjena de Almagro (Muñoz-Falcón et al., 2009). El hecho de disponer de una huella genética exclusiva es importante, ya que confirma que se trata de un material genéticamente único y distinto a otras variedades, y proporciona una herramienta independiente de factores ambientales para la detección de plantaciones y partidas de frutos que no utilizan la variedad tradicional de la berenjena de Almagro. Un siguiente paso fue la realización de un programa de selección participativa, en donde los agricultores seleccionaron dentro de sus campos plantas individuales con fenotipos deseables, como alta productividad, baja espinosidad y características típicas de la berenjena de Almagro (Hurtado et al., 2014). Las plantas seleccionadas se arrancaron a final del ciclo y se trasplantaron a un invernadero en Valencia donde se obtuvo semilla por autofecundación controlada. La descendencia de autofecundación de cada planta (líneas puras) se evaluó en campos de agricultores y se procedió a la selección de las mejores líneas en colaboración con los agricultores. Después de varios años se seleccionó una línea (H15), que presenta una mayor productividad y menor espinosidad que la variedad sin seleccionar. Ello permite una reducción de costes y una producción de mayor calidad, ya que al reducirse la espinosidad del cáliz de los frutos se evitan los daños por heridas que se producen en los frutos durante el proceso de recolección, transporte, manipulación y procesado.

La línea H15, a pesar de sus ventajas productivas (Prohens et al., 2009), sigue teniendo mayor espinosidad que la berenjena andaluza por lo que se evaluaron híbridos entre berenjena de Almagro y andaluza, pero éstos seguían presentando una importante espinosidad y la calidad del producto procesado era menor que el de la berenjena de Almagro. Por tanto, se abandonó la idea de obtener híbridos entre estos dos tipos de berenjena como vía directa para obtener materiales similares a la berenjena de Almagro. Entonces, se inició un programa de retrocruzamiento en el que se utilizaron distintas variedades sin espinas como

donantes del carácter a introgresar (Hurtado et al., 2014). Los híbridos se retrocruzaron hacia la variedad H15 realizándose selección en los materiales de la primera generación de retrocruzamiento por baja espinosidad y características típicas de la berenjena de Almagro. La selección se realizó de forma participativa en campos de agricultores. Con los materiales seleccionados se procedió de nuevo al retrocruzamiento hacia la línea H15 para obtener el segundo retrocruzamiento. En esta generación se han observado ya plantas con el fenotipo de berenjena de Almagro y sin espinosidad, las cuales han sido retrocruzadas de nuevo y autofecundadas para proceder a la evaluación y selección en esta generación. De esta forma, esperamos en unos pocos ciclos más ser capaces de obtener una berenjena de Almagro sin espinas, lo cual no solo supondrá una mejora productiva, sino que permitirá obtener un producto final de mayor calidad que supondrá una re-valorización de la variedad tradicional de berenjena de Almagro.

### 5.3.2. Calçots

Los ‘calçots’ son los tallos florales inmaduros de la cebolla (*Allium cepa* L.) que aparecen durante el segundo año de cultivo (Figura 1). Los que se consumen habitualmente proceden de la variedad de cebolla ‘Blanca Tardana de Lleida’, aunque todas las variedades de cebolla los producen, variando el número, dimensiones, color, etc. El nombre de ‘calçots’ proviene del calzado o recubrimiento con tierra de la parte emergente de los rebrotes para evitar que adquieran color verde y se mantengan tiernos.

Su consumo empezó en la zona de Valls (Tarragona) a finales del siglo XIX, y en la actualidad las tradicionales ‘calçotades’, donde se consumen cocinados y acompañados de salsa romesco, se han ido popularizando primero en Cataluña y después en otras zonas de España. Se calcula que en la actualidad el mercado de los calçots mueve un volumen de 1,5 millones de € (estimación a partir de datos de Mercabarna y Consejo Regulador IGP Calçot de Valls).

El cultivo es bianual: el primer año es análogo a un cultivo convencional de cebolla y es a partir de la recolección del bulbo cuando empieza a diferir. Entre mediados de agosto y principio de setiembre los bulbos son trasplantados a un nuevo campo de cultivo donde aparecen los rebrotes o ‘calçots’. La cosecha tradicionalmente se realiza entre enero y marzo aunque la elevada demanda actual ha ampliado el periodo de trasplante y de cosecha.

Tradicionalmente los productores de ‘calçots’ han empleado las poblaciones locales de cebolla, que no habían sido sometidas a ningún programa de mejora genética (Muñoz et al., 2003). Ello implicaba que el rendimiento fuese bajo y que las poblaciones fuesen muy heterogéneas especialmente por lo que respecta al número de piezas comerciales que se cosechaban en cada mata. Por ello el consejo regulador de la IGP ‘Calçot de Valls’ (los ‘calçots’ de esta zona están amparados por una marca geográfica) decidió encargar un

proceso de mejora genética destinado a acercar la variedad a los estándares requeridos por el reglamento de la IGP y maximizar la producción. En una segunda fase la mejora debería enfocarse hacia la diferenciación sensorial del producto en un mercado donde el 'calçot' IGP debe competir con otras zonas de producción con costes más bajos.

Mediante la utilización de un Focus Group (Meilgaard et al., 2007) que incluía productores y consumidores se consensuó que las nuevas variedades debían tener alrededor de 10 piezas comerciales por mata (se consideran comerciales los 'calçots' que tienen entre 15 y 25 cm de la parte blanca, y entre 1.7 y 2,5 cm de diámetro medidos a 5 cm de la raíz), homogeneidad dentro de mata (todos los 'calçots' de una mata se cosechan simultáneamente) y homogeneidad entre matas tanto por lo que respecta a las dimensiones de las piezas como a la precocidad del momento de cosecha. Desde el punto de vista sensorial se pedía una elevada dulzor, una baja percepción de la fibra y ausencia de gustos extraños (Simó et al., 2012a).

Se efectuó un proceso de selección a partir de 10000 cebollas procedentes de 16 poblaciones distintas identificadas dentro de la zona de la IGP. Durante el ciclo de cultivo se realizó un seguimiento quincenal individual para contabilizar el número de 'calçots' por mata y su precocidad al paso comercial. Con la información recogida se eligieron 50 plantas de desarrollo precoz y 50 de desarrollo tardío (Simó et al., 2013). Los 'calçots' de las matas seleccionadas se trasplantaron a dos campos de multiplicación aislados de modo que cada campo de multiplicación tenía 10 tallos florales de cada una de las 50 plantas seleccionadas. La semilla recogida de cada familia sirvió para poder estudiar la descendencia tanto en forma de cebolla como de mata productora de 'calçots' y poder seleccionar en base a la estimación media de los genotipos. De las familias seleccionadas se eligieron 8 plantas cuyo cruzamiento por polinización libre en campos aislados durante dos generaciones sucesivas permitió obtener semilla suficiente para distribuir a los agricultores.

Simultáneamente, se realizó un estudio de comparación de las dos nuevas variedades (Roquerola precoz y Montferri tardía), junto con la población base para observar los avances conseguidos. Las dos nuevas variedades mostraron producciones de 'calçots' tanto totales como comerciales, significativamente superiores a las de la población. Desde el punto de vista morfológico fueron muy parecidas a la población base de Blanca Tardana de Lleida aunque la variedad tardía presentó una mayor longitud de la parte blanca que la precoz y que la población base. El análisis sensorial de los tres materiales no reveló diferencias significativas indicando que el incremento de producción no se había asociado a pérdidas en la calidad del producto. Así mismo, el coeficiente de variación referente al número de totales y comerciales disminuyó durante el proceso de selección (1,80 en población base, 0,88 en Roquerola, 0,80 en Montferri en primera cosecha; Simó et al., 2012b).

En la actualidad se está a punto de finalizar un segundo ciclo de selección dentro de las dos variedades mejoradas para incrementar la producción, a la vez que se ha iniciado un programa de selección para aumentar el valor sensorial.

### 5.3.3. Escanda asturiana

La escanda (*Triticum aestivum* L. Thell subsp. *spelta* (L.) Thell.), es un trigo ( $x=7$ ;  $2n=42$ ) con una espiga larga, laxa y raquis frágil en el que la envuelta de la espiguilla se separa difícilmente de la semilla. La escanda es una especie autógena, que ha sido tradicionalmente cultivada en Asturias para la elaboración de panes, principalmente (Figura 1). Así, en el manuscrito de Fray Toribio de Santo Tomás y Pumarada (1711-1714) se describe la relevancia del cultivo de escanda tanto por su rusticidad como por representar un ingrediente esencial en la dieta de la época. La importancia de su cultivo en Asturias, se mantuvo hasta principios del siglo XX (Alvargonzález, 1908; Dantin, 1941). Sin embargo, desde mediados del siglo XX la superficie dedicada a este cultivo ha ido decreciendo paulatinamente debido a causas como el despoblamiento y consiguiente merma de la actividad en el medio rural y la distribución de harina de trigo común y panes elaborados en el medio rural. En los años noventa de finales del siglo XX su cultivo era marginal, no superando una superficie total de 10-15 ha en la región. En los últimos años ha habido un creciente interés por la recuperación del cultivo de la escanda en Asturias incluyendo actividades de promoción del cultivo por autoridades locales, iniciativas de asociaciones de productores y puestas en marcha de iniciativas empresariales basadas en este producto. Sin embargo, el cultivo de la escanda en Asturias presentaba ciertos problemas que limitaban su desarrollo:

*Heterogeneidad del material de siembra que utilizan los agricultores.* Los campos de los agricultores muestran variación del material vegetal desde el punto de vista morfológico y fenológico como en color de las espigas, altura de la planta, mezclas de hábitos de crecimiento de la planta, diferencias en las fechas de maduración y otros caracteres de interés. Esta variación dentro de las poblaciones de los agricultores, supone inestabilidad en las características del material y en consecuencia, del producto derivado.

*Encamado en las fases finales del cultivo.* Cuando las semillas se están formando en la espiga, el material local muestra una gran tendencia al encamado o caída de la planta. Este encamado reduce significativamente la producción por podredumbres en las espigas y dificulta la recolección. El encamado guarda relación con la altura de la planta que puede alcanzar hasta 1,5 m, por lo que genotipos de menor altura podrían reducirlo.

*Limitada tipificación del material local.* Los trabajos de una caracterización 'in situ' desde el punto de vista morfo-agronómico o de calidad del germoplasma local han sido limitados. Conocer en detalle las características de este material resulta necesario para diferenciarlo y protegerlo, a través de marcas de calidad reconocidas o como variedades comerciales.

En el año 2001 se abordan, junto con productores locales y en el marco de dos convenios de colaboración, diferentes trabajos en esta especie con objeto de contribuir a la recuperación del cultivo priorizando los tres problemas indicados anteriormente. En resumen el trabajo desarrollado fue:

- Establecimiento de una colección de escandas. Se pudo reunir una colección de 92 entradas locales de escanda procedentes tanto de prospecciones propias como de intercambios con el CRF-INIA, donde se mantiene una colección de escandas recolectadas en la década de los 80. La multiplicación de esta colección se aprovechó para realizar una caracterización morfológica y agronómica basada en descriptores sencillos (IBPGR, 1985; UPOV, 1994) que reveló variación entre y dentro de entradas.

- Desarrollo de líneas. La existencia de variación en la colección de escandas reunida fue aprovechada para realizar una selección individual en base a caracteres de planta (habito, capacidad de ahijado, altura) y espiga (color, longitud, nº espiguillas). En el periodo 2003-2008, se desarrolló un programa de selección en campo encaminado a la obtención de líneas (método de espiga/planta- parcela). Así, se obtuvieron un total de 60 líneas derivadas de 11 accesiones después de al menos dos generaciones de autofecundación. De estas líneas se pre-seleccionaron 17 para representar la diversidad reunida siendo, entre ellas, seleccionadas 6 líneas como más prometedoras (líneas 15, 16, 32, 36, 62 y 63) después de una evaluación en campo.

- Evaluación del comportamiento morfo-agronómico y de calidad de nuevas líneas de escanda asturiana. El comportamiento de las seis líneas seleccionadas junto con la variedad comercial de escanda 'Oberkulmer' fue evaluado en las campañas 2011/12 en dos localidades con cuatro parcelas por localidad. Para esta evaluación se midieron 18 descriptores morfológicos, 12 caracteres de composición físico-química de la harina y 8 descriptores de comportamiento de la masa como el índice de caída, la fuerza de panificación o la tenacidad. A partir de los datos reunidos por parcela, localidad y anualidad se estimó, para cada carácter, la media por cada línea. También se estimó la heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) como medida de la base genética de los caracteres medidos. Con este trabajo se proporcionaron unos valores de referencia para la escanda asturiana que sirve de base para la puesta en marcha de marcas de calidad.

- Protección y distribución de las líneas. Con todos los datos reunidos se optó por seleccionar tres líneas (16, 62 y 36) que diferían en el color de la espiga en maduración, en el índice de caída de la masa y mostraban las mejores producciones ( $g/m^2$ ). Estas líneas fueron multiplicadas en Villaviciosa y propuestas para su inclusión en la lista españolas de variedades comerciales ese mismo año. Con la finalización del proceso de protección se podrá iniciar la fase de distribución y divulgación de las líneas seleccionadas al sector.



**Figura 1.** Berenjena de Almagro lista para la recolección (izquierda), calçots identificados con la marca IGP ‘Calçots de Valls’ preparados para la venta (centro) y escanda asturiana (derecha).

## 5.4. Figuras legales para la re-valorización de las variedades locales

En el contexto socioeconómico actual la valoración de un producto está vinculada a figuras legales de reconocimiento. Desde este punto de vista y pensando fundamentalmente en variedades tradicionales mejoradas o no, pero que basan su prestigio en la combinación genotipo y ambiente, el producto a proteger es el fenotipo resultante de efectos genéticos, ambientales y de interacción.

Desde 2006 la Unión Europea reconoce estas combinaciones mediante las marcas geográficas (DO L 93/12, de 31.3.2006). La unificación transnacional de los criterios para conseguir una marca y la rigurosidad de los métodos de control del producto amparado por la marca han facilitado que este tipo de distinciones geográficas gocen de gran prestigio y numerosas combinaciones genotipo x ambiente soliciten ser reconocidas con ellas. Además, la realización de estudios objetivos sobre las diferencias sensoriales entre productos amparados por estas marcas ayudará a consolidarlas como ya ha sucedido, por ejemplo, en las DOP Mongeta Ganxet y Fesols de Santa Pau (Romero del Castillo et al., 2008).

### 5.4.1. Algunos tipos de marcas geográficas europeas y objetivos que persiguen

Según la Comisión Europea (reglamento CE nº 510/2006): *‘Los objetivos específicos que se persiguen con la protección de las Denominaciones de Origen y las Indicaciones Geográficas son asegurar a los agricultores y productores unos ingresos equitativos por las cualidades y las características de un producto determinado o de su método de producción, y ofrecer información clara sobre los productos con características específicas vinculadas a un origen geográfico para que los consumidores realicen sus elecciones de compra con mayor conocimiento de causa’*. Las marcas geográficas europeas (Figura 2) que más pueden fomentar el uso de variedades tradicionales (mejoradas o no) son las ‘Denominación de Origen Protegida’ (DOP) y en menor medida las ‘Indicación Geográfica Protegida’ (IGP).

En ambos casos el germoplasma tiene un papel relevante que suele diluirse en las ‘Especialidad Tradicional Garantizada’ (ETG) donde el procesado de la materia primera suele ser el aspecto más importante. Con las marcas geográficas puede darse la paradoja que una misma variedad esté en la base de dos o más marcas geográficas distintas, siempre que el efecto ambiental dé productos diferentes.

El reglamento europeo CE nº 510/2006 entiende a la DOP como un nombre que identifica un producto la calidad del cual es debida fundamentalmente o exclusivamente a un medio geográfico particular, con los factores naturales y humanos inherentes a él. Las fases de producción del mismo deben tener lugar en su totalidad en la zona geográfica definida. Así mismo el reglamento entiende la IGP como un nombre que identifica un producto originario de un lugar determinado, una región o un país, que tienen una cualidad determinada, una reputación u otra característica que pueda atribuirse esencialmente a su origen geográfico, y de las fases de producción del cual al menos una tenga lugar en la zona geográfica definida. En España estas figuras de protección de la calidad diferenciada se han aprovechado en ciertas producciones de hortalizas, legumbres, frutas y productos elaborados a partir de estos vegetales (véase web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/calidad-diferenciada/dop/default.aspx>).



**Figura 2.** Logotipos de Denominación de Origen Protegida (DOP), Indicación Geográfica Protegida (IGP) y Especialidad Tradicional Garantizada (ETG).

#### 5.4.2. Otras marcas vinculadas al territorio

Al entorno de las marcas geográficas europeas han aparecido numerosos tipos de reconocimientos locales, que inspirados en la filosofía de las marcas europeas tienen un grado de exigencia variable en cuanto a las características del producto a proteger (Figura 3). Estas marcas, concedidas por administraciones diversas, suelen ser menos conocidas por los consumidores (tienen un conocimiento local) y por desgracia suelen aparecer y desaparecer a un ritmo elevado. Su principal problema es que no cuajan entre los productores y consumi-

dores probablemente debido a su proliferación, a una definición poco clara de los requisitos para otorgarlas y a un nivel de control bajo. Son marcas que amparan tanto materias primas como productos elaborados.

#### **5.4.3. Marcas vinculadas al germoplasma**

La categoría legal que más se ajusta a la promoción de las variedades locales es el catálogo de variedades de conservación. Así, *'Se entiende por variedad de conservación aquella que, para la salvaguarda de la diversidad biológica y genética, constituye un patrimonio irremplazable de recursos fitogenéticos, lo que hace necesario su conservación 'in situ' mediante el cultivo y comercialización de semillas o de plantas de vivero de ecotipos o variedades autóctonas adaptadas naturalmente a las condiciones locales y regionales amenazadas por la erosión genética'* (véase Directiva 2009/145/CE de 26 de noviembre de 2009).

De hecho el catálogo pretende clasificar y regular el comercio de la gran cantidad de germoplasma que no se halla registrado ni como obtención varietal, ni como variedad comercial. Por desgracia la dificultad de delimitar las características de una variedad de conservación hace muy difícil que el catálogo progrese. Tampoco exige que la variedad tenga un valor comercial reconocido a corto plazo.

De un modo más informal las casas de semillas aprovechan sus catálogos antiguos para multiplicar algunas de las variedades que pueden tener interés especialmente para aficionados. Se trata de abastecer a las personas que están interesadas en características peculiares de los vegetales y para los cuales la producción es un aspecto secundario. A menudo estas variedades denominadas 'heirlooms' o variedades 'vintage' son cultivadas en jardines. De hecho, la persistencia de estos cultivadores aficionados permite, a menudo sin necesidad de organización, el mantenimiento de variedades históricas con un ritmo de cambio bajo puesto que las empresas que las comercializan siguen efectuando selección conservadora para mantener las características de la variedad.

#### **5.4.4. Marcas vinculadas al método de cultivo o a la distancia respecto al consumidor**

Por la ideología subyacente las variedades a emplear en la agricultura ecológica, orgánica, biodinámica, integrada, o el aprovechamiento de las ventajas del cultivo de proximidad o km cero, deberían ser una plataforma excelente para el uso de variedades tradicionales. En la realidad y por la falta de variedades competitivas nos enfrentamos a la contradicción de que las variedades que emplean estos tipos de agricultura son principalmente las variedades mejoradas convencionales de vocación generalista.

## 5.5. Conclusiones

Las variedades tradicionales representan un recurso para la sociedad más allá de la conservación de una agricultura y tradiciones locales. Para su re-valorización resulta necesario un continuo esfuerzo en su adaptación a unas condiciones cambiantes ambientales y de mercado, lo que implica:

Mantener la diversidad genética combinando la conservación *'ex situ'* en colecciones de germoplasma con la promoción de la conservación *'in situ'* o *'on farm'*.



**Figura 3.** Diversos ejemplos de marcas de calidad vinculadas a producciones geográficas de naturaleza regional.

Desarrollar programas de selección y mejora empleando todas las tecnologías disponibles para conseguir una nueva generación de variedades tradicionales que, manteniendo su esencia, permitan superar limitaciones actuales del cultivo.

Profundizar en su caracterización y diferenciación, incluyendo el uso de marcas de calidad reconocidas que garanticen la trazabilidad y autenticidad del producto.

Promover su divulgación y uso entre los productores y consumidores.

## 5.6. Referencias

- Almirall A, Bosch L, Romero del Castillo R, Rivera A, Casañas F. 2010. 'Crosca' common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a prototypical cultivar within the 'Tavella Brisa' type. Hortscience 45: 432-433.
- Alvargonzález C. 1908. La escanda. Su cultivo. Su origen. Imprenta del Noroeste, Gijón, Asturias, España.
- Bosch L, Casañas F, Sánchez E, Pujola M, Nuez F. 1998. Selection L67 , a pure line with true seed type of the Ganxet common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Hortscience 33: 905-906.
- Campa A, Trabanco N, Pérez-Vega E, Rovira M, Ferreira JJ. 2011. Genetic relationships among cultivated and wild hazelnuts (*Corylus avellana* L.) collected in northern Spain. Plant Breed. 130: 360-366.
- Casals J, Bosch L, Casañas F, Cebolla J, Nuez F. 2010. Montgrí, a Cultivar within the Montserrat tomato type. Hortscience 45: 1885-1886.
- Castro A. 2005. Berenjena de Almagro, algo único. Asociación para la Promoción de la Indicación Geográfica Protegida Berenjena de Almagro, Bolañós de Calatrava, Ciudad Real.
- Cubero JI. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Dantin Cereceda J. 1941. Distribución geográfica de la escanda asturiana. Estudios Geográficos 5: 739-797.
- Davis DR. 2009. Declining fruit and vegetable nutrient composition: what is the evidence. Hortscience 44: 15-19.
- Esquinas Alcázar JT. 1983 Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro, INIA, Madrid, España.
- Ferreira JJ, Pérez-Vega E, Campa A. 2007. Nuevas variedades de judía tipo faba granja desarrolladas en el SERIDA. Resultados de las evaluaciones morfológicas, agronómicas y de calidad. Informe Técnico 4, SERIDA-KRK Ediciones.
- Ferreira JJ, Campa A, Pérez-Vega E, Rodríguez-Suárez C, Giraldez R. 2012. Introgression and pyramiding into common bean market class fabada of genes conferring resistance to anthracnose and potyvirus. Theor. Appl. Genet. 124: 777-788.
- Ferreira JJ, García C, Tous J, Rovira M. 2010. Genetic diversity revealed by morphological traits and ISSR markers in hazelnut germplasm from northern Spain. Plant Breed. 129: 435-441.
- Figàs MR, Prohens J, Raigón MD, Fernández-de-Córdova P, Fita A, Soler S. 2015a. Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool Tomato Analyzer. Genet. Resour. Crop Evol. 62: 189-204.
- Figàs MR, Prohens J, Raigón MD, Fita A, García-Martínez MD, Casanova C, Borràs D, Plazas M, Andújar I, Soler S. 2015b. Characterization of composition traits related to

- organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food Chem.* 187: 517-524.
- García-Martínez S, Grau A, Alonso A, Rubio F, Carbonell P, Ruiz JJ. 2015. UMH 916, UMH 972, UMH 1093, UMH 1127, and UMH 1139: four fresh-market breeding lines resistant to viruses within the Muchamiel tomato type. *Hortscience* 50: 927-929.
  - Gonzalo MJ, Brewer MT, Anderson C, Sullivan D, Gray S, van der Knaap EJ. 2009. Tomato fruit shape analysis using morphometric and morphology attributes implemented in Tomato Analyzer software program. *J. Am. Soc. of Hort. Sci.* 134: 77-87.
  - Heffner E, A J. Lorenz, J-L Jannink, M E. Sorrells. 2010. Plant breeding with genomic selection: gain per unit time and cost. *Crop Sci.* 50:1681–1690.
  - Houle D, Govindaraju DR, Omholt S. 2010. Phenomics: the next challenge. *Nat Rev Genet.* 11: 855-66.
  - Hurtado M, Vilanova S, Plazas M, Gramazio P, Andújar I, Herraiz FJ, Castro A, Prohens J. 2009. Enhancing conservation and use of local vegetable landraces: the *Almagro* eggplant (*Solanum melongena* L.) case study. *Genet. Resour. Crop Evol.* 61: 787-795.
  - IBPGR. 1985. Revised descriptor list for wheat (*Triticum* spp.). IBPGR, Roma.
  - Kaushik P, Andújar I, Vilanova S, Plazas M, Gramazio, P, Herraiz FJ, Brar NS, Prohens J. 2015. Breeding vegetables with increased content in phenolic acids. *Molecules* 20: 18464-18481.
  - Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. 2007. Sensory evaluation techniques. 4<sup>th</sup> Edition. CRC Press. New York.
  - Muñoz P, Santos O, Ballvé A, Matas C. 2003. Resultados del proyecto de experimentación de seis cultivares de cebolla blanca tardía de Lleida utilizadas para el cultivo de calçot. XXXIII seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura: 61-69.
  - Muñoz-Falcón JE, Prohens J, Vilanova S, Nuez F. 2008. Characterization, diversity and relationships of the Spanish striped (*Listada*) eggplants: a model for the enhancement and protection of local heirlooms. *Euphytica* 164: 405-419.
  - Muñoz-Falcón JE, Prohens J, Vilanova S, Ribas F, Castro A, Nuez F. 2009. Distinguishing a protected geographical indication vegetable (*Almagro* eggplant) from closely related varieties with selected morphological traits and molecular markers. *J. Sci. Food Agric.* 89: 320-328.
  - Pérez-Vega E, Campa A, De la Rosa L, Giraldez R, Ferreira JJ. 2009. Genetic diversity in a core collection established from the main bean genebank in Spain. *Crop Sci.* 49: 1377-1386.
  - Prohens J, Muñoz-Falcón JE, Rodríguez-Burruezo A, Ribas F, Castro A, Nuez F. 2008. 'H15', an *Almagro*-type pickling eggplant with high yield and reduced prickliness. *Hortscience* 44:2017-2019.
  - Rivera A, Casquero P, Mayo S, Almirall A, Plans M, Simó J, Romero del Castillo R, Casañas F. 2016. Culinary and sensory traits in the Spanish Core Collection of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Span. J. Agric. Res.*:en prensa.
  - Romero del Castillo, R, Almirall, A., Casañas, F. 2008. Protected Designation of Origin

- in beans (*Phaseolus vulgaris* L.): towards an objective approach based on sensory and agromorphological properties. *J. Sci. Food Agric.* 88:1954-1962.
- Santo Tomas y Pumarada, Fray Toribio. 2006. *Arte general de grangerias (1711–1714). II De las granjerías temporales.* San Esteban & Museo del Pueblo de Asturias, Salamanca & Gijón, Asturias.
  - Simó J, Romero Del Castillo R, Casañas F. 2012a. Tools for breeding ‘calçots’ (*Allium cepa* L.), an expanding crop. *Afr. J. Biotechnol.* 11: 11065-11073.
  - Simó J, Romero Del Castillo R, Almirall A, Casañas F. 2012b. ‘Roquerola’ and ‘Montferri’ first improved onion (*Allium cepa* L.) cultivars for ‘calçots’ production. *Hortscience* 47:801-802.
  - Simó J, Valero J, Plans M, Romero Del Castillo R, Casañas F. 2013. Breeding onions (*Allium cepa* L.) for consumption as ‘calçots’ (second-year resprouts). *Sci. Hort.* 152: 74-79.
  - Underwood E, Poláková J, Berman S, Dooley E, Freluh-Larsen A, Kretschmer B, Maxted N, McConville AJ, Naumann S, M Sarteel, Tostivint C, Tucker GM, van der Grijp NM. 2013. Technology options for feeding 10 billion people. Climate change and agriculture; biodiversity and agriculture. Report prepared for the STOA Panel of the European Parliament. Institute for European Environmental Policy, BIO Intelligence Service, Ecologic Institute, IVM, Brussels/London (<http://www.europarl.europa.eu/stoa/>).
  - UPOV. 1994. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability. <http://www.upov.int>
  - Zeven AC. 1998. Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104: 127-139
  - Zeven AC. 1999. The traditional inexplicable replacement of seed and seed ware of landraces and cultivars: a review. *Euphytica* 110: 181-191.

## 6. Trigo

---

**Conxita Royo<sup>1\*</sup>, Magdalena Ruíz<sup>2</sup>, Dolors Villegas<sup>1</sup> y Fanny Àlvaro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias), Avda. Rovira Roure 191, 25199 Lleida.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Centro de Recursos Fitogenéticos, Autovía de Aragón Km 36, Apdo. 1045, 28800-Alcalá de Henares.

\*conxita.royo@irta.cat

**6.1. Introducción: contexto histórico**

**6.2. Principales variedades locales**

**6.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

**6.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

**6.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

**6.6. Utilización en programas de mejora**

**6.7. Logros y perspectivas**

**6.8. Agradecimientos**

**6.9. Referencias**

## 6.1. Introducción: contexto histórico

El trigo pertenece al género *Triticum* que comprende un buen número de especies (Tabla 1), entre las cuales las más cultivadas son el trigo harinero, conocido también como trigo panadero o blando (*T. aestivum* L. ssp. *aestivum*), cuyo grano es idóneo para la fabricación de pan y galletas, el trigo duro (*T. turgidum* L. ssp. *durum*), adecuado para la fabricación de pastas, panes planos y cuscús, y la espelta (*T. aestivum* L. ssp. *spelta*), cuya producción, actualmente en crecimiento, se ha concentrado tradicionalmente en las montañas asturianas.

**Tabla 1.** Subdivisión del género *Triticum* L. adaptado de Mac Key (2005), reproducida con permiso del editor.

<i>Monococcon</i> Dumort. 2n = 14	<i>T. turgidum</i> (L.) Thell. 2n = 28 (BB.AA) emmer (group) ssp. <i>dicoccoides</i> (Körn. ex Asch. et Graebn.) Thell. wild emmer ssp. <i>dicoccon</i> (Schränk) Thell. cultivated emmer ssp. <i>paleocolchicum</i> (Men.) Löve et Löve kolchis wheat ssp. <i>turgidum</i> Rivet wheat ssp. <i>durum</i> (Desf.) Husn. macaroni wheat ssp. <i>turanicum</i> (Jakubz.) Löve et Löve Khorassan wheat ssp. <i>polonicum</i> (L.) Thell. Polish wheat ssp. <i>carthlicum</i> (Nevski) Löve et Löve dika wheat	<i>T. aestivum</i> L. 2n = 42 (BB.AA.DD) dinkel (group) ssp. <i>spelta</i> (L.) Thell. spelt ssp. <i>macha</i> (Dek. et Men.) MK macha ssp. <i>compactum</i> (Host) MK club wheat ssp. <i>sphaerococcum</i> (Perc.) MK shot wheat ssp. <i>aestivum</i> ('vulgare' (Vill.) MK) bread wheat
<i>T. monococcon</i> L. 2n = 14 (AA) einkorn (group) ssp. <i>boeoticum</i> (Boiss.) Hayek. var. <i>aegilopoides</i> (Link) MK wild einkorn var. <i>thaoudar</i> (Reut.) Perc. ssp. <i>monococcon</i> cultivated einkorn var. <i>sinskajae</i> (Filat. et Kurk.) Mac Key, <i>comb. nov.</i> naked einkorn	<i>Triticum</i> (' <i>Speltoidea</i> ' Flaksb.) 2n = 42	<i>Triticosecale</i> (Wittm. ex Camus) Mac Ke: <i>pro sectio</i> ; 2n = 28/42/56 triticale
<i>T. urartu</i> Tum. ex Gand. 2n = 14 (AA)	<i>T. zhukovskiy</i> Men. et Ericz. 2n = 42 (GG.AA.AA)	( <i>T. semisecale</i> Mac Key, <i>ad interim</i> ) 2n = 28 (AA.RR)
<i>Dicoccoidea</i> Flaksb. 2n = 28	<i>T. kiharae</i> Dorof. et Migusch. 2n = 42 (GG.AA.DD)	( <i>T. secaloides</i> Mac Key, <i>spec. nov.</i> ) 2n = 42 (BB.AA.RR) triticale
<i>T. timopheevii</i> (Zhuk.) Zhuk. 2n = 28 (GG.AA) timopheevii (group) ssp. <i>armeniicum</i> (Jakubz.) MK wild timopheevii ssp. <i>timopheevii</i> cultivated timopheevii var. <i>milittinae</i> (Zhuk. et Migusch.) Zhuk. et Migusch. naked timopheevii		<i>T. secalinum</i> Mac Key, <i>spec. nov.</i> 2n = 56 (BB.AA.DD.RR) eutriticale

La domesticación del trigo tuvo lugar en el Creciente Fértil hace unos 10.000 años desde donde se dispersó hacia el sur de Europa y el Norte de África (MacKey, 2005). Existen evidencias arqueológicas que demuestran que el trigo y otros cereales se cultivaron en la península Ibérica en tiempos prehistóricos (Tellez y Ciferri, 1954; Zohary y Hopf, 2000). El cultivo de trigo llegó a España probablemente desde el sudeste de Europa y desde el norte de África (Moragues et al., 2006, 2007) durante el período Neolítico, hace unos 7.000 años (Feldman, 2001; Zohary y Hopf, 2000). Las especies más comunes en la época neolítica y las edades de bronce y hierro en España fueron probablemente *T. aestivum* L. ssp. *aestivum* y ssp. *compactum* y *T. monococcon* L. (Royo y Briceño-Félix, 2011), lo que dio paso posteriormente al cultivo de otras especies como *T. turgidum* ssp. *dicoccon* y *T. aestivum* L. ssp. *spelta*, (Sahuquillo y Fraga, 1991; Zohary y Hopf, 2000). Es muy probable que durante los siete siglos de dominación romana en España aumentara la variabilidad de los trigos cultivados debido al intercambio comercial con otras colonias (De Herrera, 1645; Álvarez-Sanchís, 2005).

Los procesos de domesticación y dispersión del trigo dieron lugar a las que se conocen como variedades tradicionales (*landraces* en inglés) que son poblaciones genéticamente heterogéneas al estar normalmente constituidas por diversas líneas. Durante dichos procesos y tanto como consecuencia de la selección natural como por la acción humana, se seleccionaron algunos caracteres que proporcionaban una ventaja adaptativa del trigo en los diversos ambientes que iba colonizando (Lopes et al., 2005). Por su propia naturaleza las variedades tradicionales son una fuente de biodiversidad (Zeven, 1998). Suelen considerarse como endémicas de regiones determinadas a las que se encuentran adaptadas y que condicionan en gran medida sus características agronómicas (Royo et al., 2014).

## 6.2. Principales variedades locales

Por su situación geográfica y su variable orografía en España se cultivó desde antiguo una gran diversidad de tipos de trigo. Los trigos ‘Trechel’ (conocido también como ‘Rubiión’), ‘Arisprieto’, ‘Blanco’ o ‘Candéal’, ‘Deraspado’ (probablemente espelta) y ‘Tremefino’ son ya mencionados por De Herrera (1645) en su ‘Agricultura General’. Posteriormente Collantes y Alfaro (1855) clasificaron los trigos cultivados en España en: ‘Blancos’ (de los cuales los más apreciados eran del tipo ‘Candéal’ incluyendo ‘Blancal’, ‘Grandal’ y ‘Grosal’), ‘Gejas’, ‘Claros’ (‘Trigo Recio’ o ‘Trigo Macho’, ‘Alaga’, ‘Arisnegro’ o ‘Arisprieto’, ‘Rojal’, etc.), ‘Rubiones’ o ‘Trechel’, ‘Racimal’ o ‘Morisco’, ‘Escanda’ y ‘Milagro’ o ‘Esmirna’.

La gran variedad de trigos que se cultivaban en España a principios del siglo XX fueron caracterizados morfológicamente, evaluados agronómicamente y catalogados por Gadea (1954) y Sánchez-Monge (1957). Entre los agrotipos más importantes de trigo harinero destaca el grupo de los ‘Candeaes’, de espigas barbadas y granos blancos muy apreciados por su calidad y por su harina blanca con bajo contenido en salvado, las ‘Barbillas’ (de grano rojo y glumas sin vellosidad), los ‘Blanquillos’ (llamados así por el color de su espiga), los trigos ‘Hembrilla’ (de granos muy pequeños), las ‘Jejas’ o ‘Xeixas’ (de espiga laxa y aristada), los ‘Chamorros’ o ‘Mochos’ (desprovistos de aristas), los tipos ‘Negrete’ (aristados y de glumas vellosas) y los trigos ‘Rojos’ llamados así por el color de sus glumas y granos (Sánchez Monge, 1957). Fueron muy cultivadas a principio de siglo las variedades ‘Candéal de La Sagra’ (de Toledo), ‘Toseta’ o ‘Tusetá’ y ‘Catalán de Monte’ (Nagore, 1934), conocido en Cataluña como ‘*Blat Roig d’Aragó*’ (‘Trigo Rojo de Aragón’) y cultivado en Aragón, Cataluña y Navarra. Entre los trigos aristados catalanes Soler y Coll (1944) destaca las variedades ‘Montjuich’ y las ‘Xeixas d’Aresta’ de la Segarra y Vic y entre los mochos la ‘Xeixa Motxa’ o ‘Marcenca’ de Vic y la ‘Xeixa Motxa’ de la Segarra. Entre las variedades de trigo harinero cultivadas en Canarias se encontraban ‘Marrueco’, ‘Marsello’, ‘De Alto’, ‘Colorado’, ‘Jallado’ y los ‘Moriscos’ rojo y blanco. Algunas de ellas, como el ‘Barbilla’ o ‘Barbillo’, se han cultivado hasta la actualidad por su buena adaptación a las condiciones locales (Afonso, 2012).

A finales del siglo XIX los trigos duros se cultivaban sobre todo en el sur y levante peninsular para la elaboración de sémola y pasta (Belderok et al., 2000). Se les denominaba ‘redondillos’ o ‘fanfarrones’ (Subirá, 1888) y entre los mismos se han descrito diversos grupos: los fanfarrones lampiños blancos (como ‘Álaga’ o ‘Trigo mayor de León y La Rioja’), los fanfarrones lampiños azulejos (como los ‘Arisnegros’ de Jaén, ‘Azulejo de Granada’, ‘Bascuñana de la costa granadina’, ‘Claro de Albacete y Murcia’, ‘Morato de Jaén’, ‘Morillo de Granada’, ‘Morisco de Valencia’ y ‘Niebla’, ‘Negrillo de Carmona’ y ‘Raspinegro’ o ‘Macolo de Sevilla’), los fanfarrones vellosos (‘Alonso’ o ‘Salmerón’), los ‘Blancos’ o ‘Blanquillos’ de Andalucía baja y de río Almanzora, el ‘Rojal’ y el ‘Trujillo de Baza y Guadix’, y el ‘Tremés’ o ‘Tremesino’ de Sevilla (Rivero, 2013). En Cataluña, pese a no ser un cultivo ampliamente extendido se sembraban los trigos duros ‘Forment’, ‘Blat Obeià’, ‘Blat Fort’ o ‘Duro de Medhea’ (Soler y Coll, 1944). En Canarias se ha conservado hasta nuestros días el cultivo del trigo duro ‘Plaganudo’ o ‘Español’ en el municipio de San Cristóbal de La Laguna. Hasta mediados del siglo XX se cultivaron también otros trigos duros denominados ‘Arisnegros’ (como ‘Arisnegro vellosos de grano blanco’ y ‘Arisnegro vellosos de grano rojo’), que se han caracterizado y conservado con vistas a su recuperación (Afonso, 2012).

A pesar de que las especies más extendidas a principios del siglo XX eran los trigos harinero y duro, en esa época todavía se cultivaban mediante técnicas agrícolas tradicionales otras especies (Belderok et al., 2000) como *T. monococcum* (*einkorn*), que se usaba como forraje para los animales, *T. turgidum* ssp. *dicoccon* (*emmer*), sobre todo en Asturias y en el Pirineo Vasco, *T. aestivum* ssp. *spelta* (en las zonas montañosas de Asturias) (Vavilov, 1997) y también *T. turgidum* ssp. *polonicum* (Belderok et al., 2000). Sin embargo, esa enorme diversidad desapareció muy rápidamente, sobre todo a partir de los años 50, tras la masiva introducción y adopción de variedades extranjeras mejoradas, mucho más uniformes y productivas en sistemas de cultivo intensivos (Belderok et al., 2000; Royo y Briceño-Félix, 2011).

### 6.3. Variedades locales conservadas en colecciones

La colección más numerosa y antigua de variedades tradicionales españolas de trigo se conserva en el Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (CRF) del INIA. La colección activa está formada por 3.722 accesiones, de las que 1.551 son variedades españolas (<http://www.inia.es/inventarionacional>). Otra colección interesante es la formada por 39 variedades locales canarias recolectadas entre 2002 y 2009, mantenida en el Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (Afonso, 2012).

En bancos de germoplasma extranjeros hay depositadas unas 2.000 accesiones de variedades tradicionales españolas (Tabla 2), la mayoría conservadas también en el CRF. La mayor parte de estas variedades fueron adquiridas a través de otros Centros de Investigación, aunque 233 accesiones conservadas en el Instituto Vavilov y 89 de las conservadas en el IPK proceden directamente de expediciones. La colección del USDA es la más amplia y fue adquirida durante el periodo 1903-1995, sobre todo en los años 1950 (274 accesiones) y 1970 (344 accesiones).

**Tabla 2.** Número de accesiones de variedades tradicionales españolas conservadas en Bancos de Germoplasma extranjeros.

Institución	País	Nº accesiones
USDA	EEUU	921
Instituto experimental de cultivos forrajeros	Italia	353
IPK Gatersleben	Alemania	347
CIMMYT	México	322
Instituto Vavilov	Rusia	286
Banco de germoplasma	Rep. Checa	101
Centro John Innes	Reino Unido	36
	TOTAL	2.044

El origen de la colección del CRF se remonta a la segunda década del siglo XX, cuando las variedades locales de trigo empezaron a ser sustituidas por variedades mejoradas. Para evitar la pérdida de este material autóctono, el desaparecido Instituto de Cerealicultura inició la recogida por toda la geografía española de las variedades locales de trigo de las especies *aestivum* (ssp. *aestivum*, *spelta* y *compactum*), *turgidum* (ssp. *dicoccon*, *durum*, *turgidum* y *polonicum*) y *monococcum* (Figura 1). Estas muestras fueron multiplicadas y estudiadas en el citado Instituto, existiendo descripciones varietales de unas 560 variedades (Gadea 1954). La mayor parte de estos materiales constituyen la colección de variedades tradicionales que se conserva en el CRF, que incluye también varias colecciones donadas por distintos mejoradores y variedades recogidas en expediciones. Aunque no se conoce el año de recolección de muchas accesiones, una gran parte fueron recolectadas en la primera mitad del siglo XX.



**Figura 1.** Espigas de trigo de variedades de distintos grupos taxonómicos 1. Escaña (*monococcum*), 2. Pavida (*dicoccon*), 3. Polónico cañimacizo (*polonicum*), 4. Mamento argelino (*turgidum*), 5. Trigo ramificado (*turgidum*), 6. Raspinegro de Munera (*durum*), 7. Xeixa pardeta (*aestivum*), 8. Escanda (*spelta*) y 9. Candeal compacto (*compactum*).

Entre los grupos taxonómicos conservados predominan las especies más cultivadas: 831 accesiones de trigo blando (ssp. *aestivum*) y 529 de trigo duro (ssp. *turgidum* y *durum*) (Tabla 3). Hay que tener en cuenta que no todas las accesiones son variedades diferentes ya que existen duplicados en al menos un 10% de la colección (Ruiz y Aguiriano, 2004).

**Tabla 3.** Número de accesiones conservadas en la colección de variedades tradicionales del CRF clasificadas por grupos taxonómicos.

Especie	Subtaxon	Nº accesiones
<i>turgidum</i>	ssp. <i>polonicum</i>	2
<i>aestivum</i>	ssp. <i>compactum</i>	2
<i>monococcum</i>	ssp. <i>monococcum</i>	30
<i>turgidum</i>	ssp. <i>dicoccon</i>	62
<i>aestivum</i>	ssp. <i>spelta</i>	95
<i>turgidum</i>	ssp. <i>turgidum</i>	118
<i>turgidum</i>	ssp. <i>durum</i>	411
<i>aestivum</i>	ssp. <i>aestivum</i>	831

La mayoría de las variedades conservadas de *monococcum* y *polonicum* proceden del sur de España, mientras que las de *dicoccon* y *spelta* proceden del norte, principalmente de Asturias. Se conservan variedades de trigo harinero de todas las comunidades autónomas (CCAA), si bien destacan por su cantidad las de Castilla-La Mancha, y Castilla y León (Tabla 4). En trigo duro, hay variedades de todas las CCAA, excepto de Aragón y especialmente de Andalucía. De algunas accesiones se desconoce el origen geográfico.

Existen datos agro-morfológicos tomados en el CRF para algo más de 1.000 accesiones (Figura 2). En el siguiente enlace: <http://wwwx.inia.es/coleccionescrf/CaracterizacionCRF.asp> se encuentra parte de esta información y en <http://wwwx.inia.es/espigario/espigarioweb/> hay imágenes de algunas variedades (Figura 3). Existe también información procedente de estudios realizados por diferentes grupos de investigación, como datos bioquímicos de proteínas del endospermo (700 accesiones) y de resistencia a roya y septoria (800 accesiones). En trigo duro, el análisis con marcadores moleculares de la estructura genética de la colección ha permitido distinguir 9 grupos genéticos con diferencias taxonómicas, geográficas y agro-morfológicas entre ellos, mostrando la ssp. *durum* el patrón de variación más complejo (Ruiz et al., 2012).

Con el objetivo de que toda esta variabilidad genética sea más accesible y pueda utilizarse en la mejora del trigo, se ha creado la Colección Nuclear Española de Trigo Duro (Ruiz et al., 2013) formada por 100 líneas puras distribuidas de la siguiente forma: 52 *durum*, 32 *tur-*

*gidum*, 1 *polonicum*, 10 *dicoccon*, 3 *monococum*, 1 *boeoticum* y 1 *dicoccoides*. La colección ha sido evaluada para características agro-morfológicas y de calidad en distintas localidades y existen también datos bioquímicos, moleculares, fisiológicos y de resistencia a enfermedades. La Colección Nuclear de Trigo Harinero está en fase de creación.

**Tabla 4.** Número de accesiones de variedades locales de trigo harinero y trigo duro de la colección del CRF distribuidas por origen geográfico.

CCAA	Trigo harinero	Trigo duro	
	<i>ssp. aestivum</i>	<i>ssp. durum</i>	<i>ssp. turgidum</i>
Andalucía	50	131	12
Aragón	52		
Asturias	46	1	21
Baleares	9	19	9
Canarias	20	9	
Cantabria	13		3
Castilla y León	102	16	3
Castilla-La Mancha	189	40	5
Cataluña	50	15	13
Euskadi	25	1	1
Extremadura	44	31	9
Galicia	48	1	
La Rioja	6		2
Madrid	5		
Murcia	14	30	5
Navarra	11	1	5
Valencia	18	15	1
TOTAL	702	310	89

#### 6.4. Variedades tradicionales con interés para su recuperación

Las variedades tradicionales suelen ser muy altas (Figura 4), más tardías a floración que las modernas (Álvaro et al., 2008) y menos productivas que éstas en sistemas de cultivo convencional (Royo et al., 2008; Sanchez-García et al., 2012). Sin embargo, su adaptación al medio se traduce en una alta estabilidad en el rendimiento (Royo et al., 2008) lo que las

hace muy adecuadas para su cultivo en sistemas productivos de bajos insumos. Algunas además, como el trigo duro asturiano 'BGE018644', muestran resistencia a enfermedades importantes como la roya de la hoja (Martínez et al., 2001; Soleiman et al., 2014). Además, algunos de los trigos autóctonos españoles se caracterizan por el elevado contenido de proteína del grano (Gómez et al., 2009; Sanchez-Garcia et al., 2015) aunque en general tienen menor fuerza panadera que las variedades modernas. Sin embargo, las variedades tradicionales españolas de trigo harinero, se diferencian de las de otros países por la alta frecuencia de los pares de subunidades 20x+20y y 13+16 en el locus *Glu-B1* (Giraldo et al., 2010; Rodríguez-Quijano et al., 1990), este último asociado a buena calidad (Branlard et al., 2001). A partir de diversos estudios es posible destacar los trigos harineros 'Candeal de Vellisca', 'Candeal de Castilla', 'Candeal Muelas de Pan', 'Candeal de Teruel' y 'Barbilla de León', por su índice de sedimentación y elevada extensibilidad (Gómez et al., 2009; Giraldo et al., 2010).

Comparados con variedades modernas, los trigos duros tradicionales muestran una mayor tasa de llenado del grano, peso de mil granos, contenido de proteína (Nazco et al., 2012) y vitrosidad del grano (Subira et al., 2014). Se ha demostrado que en los mismos hay una relativamente elevada frecuencia de variantes alélicas con influencia positiva sobre la calidad, como las subunidades HMW 1 y 2\* y los modelos de sub-unidades LMW tipo 2 (Ruiz et al., 1998; Nazco et al., 2014b). Entre los trigos duros destacan 'Raspinegro de Alcalá' por su elevado peso específico, color del grano y fuerza del gluten, 'Enano de Andújar' por el peso del grano y 'Rubio de Miajadas' por el alto contenido de proteína del grano (Nazco et al., 2012).

Las espeltas tradicionales españolas, particularmente asturianas, presentan también un acervo diverso y singular por explotar, ya que se ha demostrado que forman un grupo genético diferenciado de las espeltas de otros países europeos y se caracterizan por su elevado contenido en proteína y masas extremadamente extensibles (Elía et al., 2004).

Desde 1994 el CRF ha recibido 838 peticiones de semilla para la recuperación del cultivo de variedades tradicionales, el 98% de las mismas en los últimos 15 años. Las regiones más activas en la recuperación de variedades tradicionales son Cataluña, Baleares y Andalucía. Las variedades más demandadas son las de trigo harinero (como 'Xexa candeal', 'Blanco de Segarra' y 'Chamorro') y trigo duro (como 'Griego de Baleares', 'Blat mort', 'Pisana de Vilanova' y 'Molla'), pero también se han solicitado variedades de espelta y de las dos escañas (*dicoccon* y *monococum*).



**Figura 2.** Variedades de trigo duro tradicional (derecha) y moderna (izquierda).

Actualmente existen numerosas iniciativas por todo el país dirigidas a la recuperación de variedades tradicionales de trigo, generalmente orientadas a la producción ecológica y la elaboración de productos artesanales y de calidad diferenciada (<http://www.lahuertinadetoni.es/red-de-semillas-autoctonas-y-ecologicas-en-espana/>). Sin embargo, en muchos lugares el nombre y origen de la variedad no están bien definidos. Una de las variedades cuya recuperación ha despertado mayor interés por su buen comportamiento en los secanos semiáridos y su elevado rendimiento en harina de alto contenido proteico es el trigo harinero ‘Aragón 03’ (Mallor et al., 2014). También se han recuperado y registrado las variedades gallegas ‘Caveiro’ y ‘Calobre’ y en Asturias hay un gran interés por el cultivo ecológico de variedades de espelta (<http://www.escandaasturiana.es/>). En Cataluña existen movimientos muy activos de recuperación de variedades tradicionales, como la Red Catalana de Graneros, la Asociación Triticatum, el Consorcio Gallecs y el Banco de Semillas de la Garrotxa, entre otras. Se han recuperado los trigos ‘Aragón 03’, ‘Trigo Candeal’ y ‘Xeixa de Osona’, ‘Gros de Cerdanya’, ‘Forment d’Artés’ y ‘Fort’ entre otros. En Andalucía hay agricultores que conservan al menos 5 variedades tradicionales distintas en sus campos (<http://www.redsemillas.info/>).

## 6.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación

La propia naturaleza de las variedades tradicionales, derivadas de una combinación de selección natural y humana durante milenios, las ha hecho depositarias de una variabilidad genética muy superior a la de las variedades modernas (Mallor et al., 2014; Nazco et al., 2012; Ruiz et al., 2012, 2013). Al haberse cultivado durante miles de años en condiciones ambientales extremas y sistemas de cultivo limitantes, las variedades tradicionales constituyen una valiosa fuente de diversidad genética y adaptación específica a las condiciones locales de acuerdo a su lugar de origen (Lopes et al., 2015). Se considera que, en particular los trigos tradicionales procedentes de la Cuenca Mediterránea reúnen la mayor variabilidad genética interespecífica y son reservorios de diversidad genética tanto para caracteres de

resistencia frente a estreses bióticos como abióticos y también para ciertas características de calidad (Lopes et al., 2015). La situación geográfica de la Península Ibérica, su gran variabilidad edafo-climática y su historia como lugar de asiento y paso de numerosas culturas han diversificado el acervo genético de los trigos españoles (Aguiriano et al., 2006, 2008; Moragues et al., 2006; Nazco et al., 2014a; Pflüger et al., 2001; Ruiz et al., 2012) y portugueses (Carvalho et al., 2009).

Los trigos tradicionales españoles no solo poseen una gran variabilidad genética, sino también alelos únicos no encontrados en variedades de otros países o en variedades comerciales (ej. Ruiz et al., 2002 en trigo harinero, Aguiriano et al., 2006 y Nazco et al., 2012 en trigo duro, Elía et al., 2004 en espelta y Ruiz et al., 2007 en monococcum). Este potencial como fuente de variación se ha evaluado para diferentes caracteres interesantes para la mejora del cultivo. En trigo harinero y espelta, se ha visto que existe una gran variabilidad alélica para proteínas del endospermo relacionadas con la calidad, destacando algunas variedades por su alta fuerza panadera (Caballero et al., 2001; Giraldo et al., 2010; Rodríguez-Quijano et al., 1998). En espelta la variación encontrada en amilosa permite desarrollar variedades para panadería con distintos contenidos de este compuesto (Guzman et al., 2010). En trigo duro y dicoccon, también se ha encontrado alta variabilidad para las proteínas del endospermo (Aguiriano et al., 2008; Nieto-Taladriz et al., 2000; Pflüger et al., 2001), tanto en gliadinas como en gluteninas de alto y bajo peso molecular (Nazco et al., 2014 a,b; Ruiz et al., 1998) y se han identificado alelos raros y únicos (Aguiriano et al., 2006, 2008; Nazco et al., 2014a). También se ha visto que la variabilidad alélica de las ssp. durum y turgidum es complementaria para los loci que más influyen en la calidad (Aguiriano et al., 2008). Además, las variedades tradicionales de trigo pueden ser también una fuente de compuestos nutraceuticos (Chacón et al., 2012; Newton et al., 2010), ya que contienen una mayor concentración de minerales como el hierro y el zinc (Monasterio y Graham 2000). En estudios que incluyen genotipos españoles se ha observado que *T. monococcum* puede ser una buena fuente para la mejora del contenido de tocoles (Hidalgo et al., 2006).

A pesar de que el germoplasma tradicional español ha sido poco explorado con vistas a identificar nuevas fuentes de resistencia a las principales enfermedades del trigo, se ha detectado variabilidad para resistencia a roya de la hoja (Soleiman et al., 2014), en ocasiones de tipo parcial (Martínez et al., 2001) y resistencia a roya amarilla (Sthapit et al., 2014). Las variedades tradicionales también pueden proporcionar resistencia a otros estreses abióticos como la acumulación de aluminio (Stodart et al., 2007), para la que se ha identificado tolerancia entre el germoplasma de trigo tradicional español.

## 6.6. Utilización en programas de mejora

Una de las primeras actividades llevadas a cabo por los mejoradores durante la primera mitad del siglo XX consistió en seleccionar dentro de poblaciones tradicionales de trigo aquellas plantas con características favorables en cuanto a vigor, adaptación fenológica, longitud de la espiga y rendimiento, que convenientemente multiplicadas y depuradas dieron lugar a variedades mejoradas. Uno de los mayores éxitos en España lo consiguió Manuel Gadea quién obtuvo en los años 40 la variedad 'Aragón 03' a partir del trigo harinero 'Catalán de Monte' (Gadea, 1954). Por su capacidad de ahijamiento, resistencia a la sequía y al asurado del grano y su buena adaptación a las tierras pobres y a las fluctuaciones climáticas 'Aragón 03' llegó a ocupar alrededor del 25% de la superficie de trigo en el país entre los años 50 y 70 (Pujol-Andreu, 2011; Royo y Briceño-Félix, 2011). Entre las variedades de trigo duro obtenidas por éste método figuran 'Andalucía 344' (selección de 'Manchón de Alcalá la Real') y 'Jerez 36' (selección de 'Raspinegro de Alcolea'), ambas fruto del trabajo de Juan Bautista Camacho en Jerez de la Frontera y que se cultivaron en España hasta la década de los años 60 (Royo y Briceño-Félix, 2011). Sin embargo, más allá de estas y otras selecciones iniciales intrapoblacionales, muy poco fue el uso que se hizo de las variedades tradicionales de trigo en los programas de mejora españoles a partir de la introducción de los trigos semienanos, ya que el acervo genético de las variedades modernas no se ha construido a partir de las mismas (Martos et al., 2005).

La adopción de manera generalizada de las variedades semienanas derivadas de la Revolución Verde supuso una enorme pérdida de biodiversidad cultivada, no sólo en España sino a escala mundial. En las últimas décadas muchos programas de mejora han basado el desarrollo de su germoplasma en un reducido número de parentales portadores de características de interés, lo que ha conducido a una piramidación de genes o combinaciones de genes a partir de parentales comunes (Lopes et al., 2015), resultando en una disminución de la diversidad del propio genoma del trigo (Tanksley y McCouch, 1997). Esta pérdida de variabilidad genética limita la capacidad de dar respuesta a nuevas necesidades e incrementa la vulnerabilidad de los cultivos frente al cambio climático o la aparición de nuevas plagas o enfermedades. En este contexto se estima valiosa la variabilidad genética que pueden aportar las variedades tradicionales, tanto para incrementar la diversidad genética en programas de mejora como para contribuir a la obtención de variedades de trigo adaptadas a una agricultura más sostenible.

A pesar de ser más altas y susceptibles al encamado que las variedades modernas y rendir menos que éstas en sistemas agrícolas convencionales, las variedades tradicionales de trigo poseen variabilidad alélica para caracteres de interés – un sistema radicular mucho mayor al de las variedades semienanas en proporción a su biomasa aérea (Subira et al., 2016), capacidad de adaptación a condiciones de cultivo con bajos insumos, capacidad fotosintética, resistencia a enfermedades, calidad del grano, etc. – que puede ser explotada

mediante la mejora. Sin embargo, existe actualmente una brecha entre los programas de conservación de germoplasma de trigo y los programas de mejora, debido a lo ineficiente que resulta usar variedades tradicionales directamente como parentales en cruzamientos. Es por tanto imprescindible la existencia de un eslabón intermedio, que no es otro que un programa de pre-mejora, cuya finalidad sería identificar las características y/o genes deseables en germoplasma autóctono y transferirlo a líneas de comportamiento agronómico adecuado que puedan utilizarse directamente en cruzamientos en los programas de mejora. La creación de programas de pre-mejora junto con la aplicación de técnicas para aumentar la eficiencia de los procesos de selección, tales como la selección asistida por marcadores moleculares o las técnicas de fenotipado masivo, impulsarían la utilización de los recursos genéticos en mejora en beneficio de la obtención de variedades adecuadas a los nuevos requerimientos.

## 6.7. Logros y perspectivas

A pesar de la poca utilización que han tenido las variedades tradicionales en los programas de mejora españoles, el hecho de que durante las primeras décadas del siglo XX se recolectaran muchas de ellas para evitar la erosión genética derivada de la masiva introducción de variedades semienanas puede considerarse un logro en sí mismo. También lo ha sido, aunque a pequeña escala, la obtención en el programa de mejora de trigo duro del IRTA de una variedad comercial que incluye como uno de los parentales la variedad 'Andalucía 344'. Sin duda habrá otros ejemplos de los que no tenemos constancia.

El reciente cambio de paradigma de la mejora genética potenciará muy probablemente el uso de variedades tradicionales en el futuro. A diferencia de lo que ocurrió tras la Revolución Verde en que los sistemas de cultivo se intensificaron para maximizar los rendimientos, la nueva generación de variedades deberá ser capaz de responder a los grandes retos actuales a través de una elevada productividad, estabilidad del rendimiento, calidad del grano adecuada a los requerimientos de la industria y los consumidores y además su cultivo deberá minimizar el impacto ambiental. En resumen, deberán encajar en el concepto de 'ecosistemas agrícolas sustentables'. Este es ya un enorme reto para los mejoradores que, apoyándose en la biología molecular y en las nuevas técnicas de la información y comunicación, habrán de incorporar a partir de las variedades tradicionales y especies próximas filogenéticamente la variabilidad genética necesaria para obtener trigos adaptados a sistemas de cultivo sostenibles en ambientes de clima cambiante.

## 6.8. Agradecimientos

Las autoras agradecen a las siguientes instituciones: INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria), MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), MINECO (Ministerio de Economía y Competitividad), Comisión Europea

e IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias) su apoyo en la realización de los proyectos de investigación que han generado conocimiento en la temática de este capítulo.

## 6.9. Referencias

- Afonso D. 2012. Variedades locales de trigo de Canarias. Ed. Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, España.
- Aguiriano E, Ruiz M, Fite R, Carrillo JM. 2006. Analysis of genetic variability in a sample of the durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Spanish collection based on gliadin markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 53: 1543-1552.
- Aguiriano E, Ruiz M, Fite R, Carrillo JM. 2008. Genetic variation for glutenin and gliadins associated with quality in durum wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. *turgidum*) landraces from Spain. *Spanish J. Agric. Res.* 6:599-609.
- Alvarez-Sanchís J. 2005. Oppida and Celtic society in western Spain. pp 255-285. In: *The Celts in the Iberian Peninsula. e-Keltoi Vol 6.*
- Álvaro F, Isidro J, Villegas D, García del Moral L F, Royo C. 2008a. Old and modern durum wheat varieties from Italy and Spain differ in spike components. *Field Crops Res.* 106: 86-93.
- Belderok B, Mesdag H, Donner DA. 2000. Spain. pp. 247-264. In D.A. Donner (ed.), *Bread-making quality of wheat. A century of breeding in Europe.* Springer, Netherlands.
- Branlard G, Dardevet M, Saccomano R, Lagoutte F, Gourdon J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica* 119:59-67.
- Caballero L, Martin LM, Alvarez JB. 2001. Allelic variation of the HMW glutenin subunits in Spanish accessions of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em. Thell.). *Theor. Appl. Genet.* 103:124-128.
- Carvalho A, Lima-Brito J, Maças B, Guedes-Pinto H. 2009. Genetic diversity and variation among botanical varieties of old Portuguese wheat cultivars revealed by ISSR assays. *Biochem. Genet.* 47: 276-294.
- Chacón E, Valencia P, Carrillo JM, Benavente E, Vázquez JF. 2012. Estudio del contenido en micronutrientes minerales en variedades locales españolas de trigo panadero y de trigo semolero. *Actas de Horticultura* 62:187-188.
- Collantes E, Alfaro A. 1855. *Diccionario de agricultura práctica y economía rural.* Tomo VII. Madrid. 557 pp.
- De Herrera A. 1645. *Agricultura General.* Madrid.
- Elía M, Moralejo M, Rodríguez-Quijano M, Molina-Cano JL. 2004. Spanish spelt: a separate gene pool within the spelt germplasm. *Plant Breed.* 123:297-299.
- Feldman M. 2001. Origin of cultivated wheat. pp.3-56. In P. Bonjean, W.J. Angus (eds.), *The world wheat book. A history of wheat breeding,* Paris, Tec & Doc/Intercept Ltd.
- Gadea M. 1954. *Trigos españoles.* Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas, Madrid, España.

- Giraldo P, Rodriguez-Quijano M, Simon C, Vazquez JF, Carrillo JM. 2010. Allelic variation in HMW glutenins in Spanish wheat landraces and their relationship with bread quality. Spanish J. Agric. Res. 8:1012-1023.
- Gómez M, Aparicio N, Ruiz-París E, Oliete B, Caballero PA. 2009. Evolution of bread-making quality of Spanish bread-wheat genotypes. Spanish J. Agric. Res. 7:585-595.
- Guzman C, Caballero L, Moral A, Alvarez JB. 2010. Genetic variation for waxy proteins and amylose content in Spanish spelt wheat (*Triticum spelta* L.). Genet. Resour. Crop Evol. 57: 721-725.
- Hidalgo A, Brandolini A, Pompei C, Piscozzi R. 2006. Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* L.) J. Cereal Sci. 44:182-193.
- Lopes MS, El-Basyoni I, Baenziger PS, Singh S, Royo C, Ozbek K, Aktas H, Ozer E, Ozdemir F, Manickavelu A, Ban T, Vikram P. 2015. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. J. Exp. Bot. 66:3477-3486.
- MacKey J. 2005. Wheat: its concept, evolution, and taxonomy. pp 3-62. In C. Royo, M.N. Nachit, N. Di Fonzo, J.L. Araus, W.H. Pfeiffer, G.A. Slafer, G.A. (eds.), Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. Ed. Haworth Press, New York.
- Mallor C, Igartua E, Errea MP. 2014. Las variedades tradicionales en el panorama actual de la mejora y la producción sostenible. pp. 35-61. In R. Socías, M. J. Rubio-Cabetas, A. Garcés-Claver, C. Mallor, J.M. Álvarez (eds.), La obtención de variedades: desde la mejora clásica hasta la mejora genética molecular. C.I.T.A., Zaragoza.
- Martínez F, Nix RE, Moral A, Urbano JM, Rubiales D. 2001. Search for partial resistance to leaf rust in a collection of ancient Spanish wheats. Hereditas 135:193-197.
- Martos V, Royo C, Rharrabti Y, Garcia del Moral LF. 2005. Using AFLPs to determine phylogenetic relationships and genetic erosion in durum wheat cultivars released in Italy and Spain throughout the 20th century. Field Crops Res. 91:107-116.
- Monasterio JI, Graham RD. 2000. Breeding for trace minerals in wheat. Food Nutr. Bull. 21:393-396.
- Moragues M, Moralejo M, Sorrells ME, Royo C. 2007. Dispersal of durum wheat landraces across the Mediterranean basin assessed by AFLPs and microsatellites. Genet. Resour. Crop Evol. 54: 1133-1144.
- Moragues M, Zarco-Hernández J, Moralejo MA, Royo C. 2006. Genetic diversity of glutenin protein subunits composition in durum wheat landraces [*Triticum turgidum* ssp. *turgidum* convar. *durum* (Desf.) MacKey] from the Mediterranean Basin. Genet. Resour. Crop Evol. 53: 993-1002.
- Nagore D. 1934. El trigo y su selección. Salvat editores, S.A. Barcelona. 204 pp.
- Nazco R, Peña RJ, Ammar K, Villegas D, Crossa J, Moragues M, Royo C. 2014a. Variability in glutenin subunit composition of Mediterranean durum wheat germplasm and its relationship with gluten strength. J. Agric. Sci. 152:379-393.
- Nazco R, Peña RJ, Ammar K, Villegas D, Crossa J, Royo C. 2014b. Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Mediterranean landraces as sources of variability for allelic combinations at *Glu-1/Glu-3* loci affecting gluten strength and pasta cooking quality. Genet.

- Resour. Crop Evol. 61:1219-1236.
- Nazco R, Villegas D, Ammar K, Peña RJ, Moragues M, Royo C. 2012. Can Mediterranean durum wheat landraces contribute to improved grain quality attributes in modern cultivars? *Euphytica* 185: 1-17.
  - Newton AC, Akar T, Baresel JP, Bebeli PJ, Bettencourt E, Bladenopoulos KV, Czembor JH, Fasoula DA, Katsiotis A, Koutis K, Koutsika-Sotiriou M, Kovacs G, Larsson, H, Pinhero de Carvalho MAA, Rubiales D, Russell J, Dos Santos TMM, Vaz Patto MC. 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30:237-269.
  - Nieto-Taladriz MT, Rodríguez-Quijano M, Carrillo JM. 2000. Polymorphism of waxy proteins in Spanish durum wheat. *Plant Breed.* 119: 277-279.
  - Pflüger LA, Martin LM, Alvarez JB. 2001. Variation in the HMW and LMW glutenin subunits from Spanish accessions of emmer wheat (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* schrank). *Theor. Appl. Genet.* 102: 767-772.
  - Pujol-Andreu J. 2011. Wheat varieties and technological change in Europe, 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries: new issues in economic history. *Historia Agraria* 54:73-95.
  - Rivero J. 2013. Los cambios técnicos del cultivo de cereal en España (1800-1930). MAGRAMA, Madrid.
  - Rodríguez-Quijano M, Nieto-Taladriz MT, Carrillo JM. 1998. Polymorphism of waxy proteins in Iberian hexaploid wheats. *Plant Breed.* 117:341-344.
  - Rodríguez-Quijano M, Vázquez JF, Carrillo JM. 1990. Variation of high molecular weight glutenin subunits in Spanish landraces of *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* and ssp. *spelta*. *J. Genet. Breed.* 44:121-126.
  - Royo C, Briceño-Félix GA. 2011. Spanish wheat pool. pp. 121-154. In A.P. Bojean, W.J. Angus, M. van Ginkel (eds.), *The world wheat book. A history of wheat breeding. Vol 2.* Ed. Lavoisier.
  - Royo C, Martos V, Ramdani A, Villegas D, Rharrabti Y, García del Moral LF. 2008. Changes in yield and carbon isotope discrimination of Italian and Spanish durum wheat during the 20th century. *Agron. J.* 100: 352-360.
  - Royo C, Nazco R, Villegas D. 2014. The climate of the zone of origin of Mediterranean durum wheat (*Triticum durum* Desf.) landraces affects their agronomic performance. *Genet. Resour. Crop Evol.* 61:1345-1358.
  - Ruiz M, Aguiriano E. 2004. Analysis of duplication in the Spanish durum wheat collection maintained in the CRF-INIA on the basis of agro-morphological traits and gliadin proteins. *Genet. Resour. Crop Evol.* 51: 231-235.
  - Ruiz M, Aguiriano E, Fité R, Carrillo JM. 2007. Combined use of gliadins and SSRs to analyse the genetic variability of the Spanish collection of cultivated diploid wheat (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*). *Genet. Resour. Crop Evol.* 54: 1849-1860.
  - Ruiz M, Giraldo P, Royo C, Villegas D, Aranzana MJ, Carrillo JM. 2012. Diversity and genetic structure of a collection of Spanish durum wheat landraces. *Crop Sci.* 52:2262-2275.
  - Ruiz M, Giraldo P, Royo C, Villegas D, Aranzana MJ, Carrillo JM. 2013. Creation and

- Validation of the Spanish Durum Wheat Core Collection. *Crop Sci.* 53: 2530-2537.
- Ruiz M, Rodríguez-Quijano M, Metakovsky EV, Vazquez JF, Carrillo JM. 2002. Polymorphism, variation and genetic identity of Spanish common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Field Crops Res.* 79:185-196.
  - Ruiz M, Vazquez JF, Carrillo JM. 1998. Estudio de la variabilidad de gluteninas y gliadinas en variedades locales y cultivares primitivos españoles de trigo duro. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal* 13: 291-305.
  - Sahuquillo BE, Fraga VMI. 1991. Trigos de cultivo tradicional en Galicia: Caracterización botánica e agronómica. Colección *Investigación e Desenvolvemento* No. 3. Edita: Servicios de Estudios e Publicacións de la Consellería de Agricultura, Ganadería e Montes. Xunta de Galicia.
  - Sanchez-Garcia M, Álvaro F, Martín-Sánchez JA, Sillero JC, Escribano J, Royo C. 2012. Breeding effects on the genotype x environment interaction for yield of bread wheat grown in Spain during the 20th century. *Field Crops Res.* 126:79-86.
  - Sanchez-Garcia M, Álvaro F, Peremartí A, Martín-Sánchez JA, Royo C. 2015. Changes in the bread-making quality attributes of bread wheat varieties cultivated in Spain during the 20<sup>th</sup> century. *Eur. J. Agron.* 63:79-88.
  - Sánchez-Monge E. 1957. Catálogo genético de trigo españoles. Ministerio de Agricultura, Dirección General de coordinación, crédito y capacitación agraria. Madrid.
  - Soleiman NH, Solis I, Ammar K, Dreisigacker S, Soliman MH, Martinez F. 2014. Resistance to leaf rust in a set of durum wheat cultivars and landraces in Spain. *J. of Plant Pathology* 96: 13-22.
  - Soler y Coll JM. 1944. Mejora genética de plantas. Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada. Barcelona.
  - Sthapit J, Newcomb M, Bonman JM, Chen X, See DR. 2014. Genetic diversity for stripe rust resistance in wheat landraces and identification of accessions with resistance to stem rust and stripe rust. *Crop Sci.* 54:2131-2139.
  - Stodart BJ, Raman H, Coombes N, Mackay M. 2007. Evaluating landraces of bread wheat *Triticum aestivum* L. for tolerance to aluminium under low pH conditions. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54: 759-766.
  - Subirá J. 1888. Compendio de agricultura. Imprenta del Seminario Conciliar. Santiago.
  - Subira J, Ammar K, Álvaro F, Garcia del Moral LF, Dreisigacker S, Royo C. 2016. Changes in durum wheat root and aerial biomass caused by the introduction of the *Rht-B1b* dwarfing allele and their effects on yield formation. *Plant & Soil.* En prensa.
  - Subira J, Peña RJ, Álvaro F, Ammar K, Ramdani A, Royo C. 2014. Breeding progress in the pasta-making quality of durum wheat cultivars released in Italy and Spain during the 20<sup>th</sup> Century. *Crop & Pasture Sci.* 65:16-26.
  - Tanksley SD, McCouch SR. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science* 277:1063–1066.
  - Tellez R, Ciferri F. 1954. Trigos arqueológicos de España. INIA. Madrid 129 pp.
  - Vavilov NI. 1997. Five continents. International Plant Genetic Resources Institute. Roma, Italia.

- Zeven AC. 1998. Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104:127-139.
- Zohary D, Hopf M. 2000. Domestication of plants in the old world. pp. 239-240. Third Edition. Oxford University Press Inc, New York.

## **7. Cebada**

---

**Ana M. Casas, M. Pilar Gracia y Ernesto Igartua\***

Departamento de Genética y Producción Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei, CSIC.  
Avda. Montañana 1005, 50059, Zaragoza

\*[igartua@eead.csic.es](mailto:igartua@eead.csic.es)

**7.1. Introducción**

**7.2. Principales variedades locales**

**7.3. Variedades locales con interés para su recuperación**

**7.4. Variedades locales conservadas en colecciones**

**7.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

**7.6. Utilización en programas de mejora**

**7.7. Logros y perspectivas**

**7.8. Agradecimientos**

**7.9. Referencias**

## 7.1. Introducción

España tiene la suerte de contar con uno de los acervos fitogenéticos más ricos de Europa. Aunque no se puede comparar su agrobiodiversidad con la de los grandes centros de origen de la agricultura, la diversidad de sus climas y la llegada temprana de muchos cultivos han producido una diversificación varietal muy notable en muchas especies, entre ellas la cebada.

La cebada es uno de los cultivos que aparece más temprano en el registro arqueológico de la Península Ibérica. La datación más remota de restos de cebada es de hace 6800-7560 años, en la cueva de Balma Margineda (Andorra). Este hallazgo (Marinval, 1995), junto con otros cercanos de la zona prepirenaica, está asociado a la llegada del “paquete Neolítico” a la Península, compuesto por una serie de restos arqueológicos que indican la llegada de la agricultura, la ganadería y una vida más sedentaria en general, que en épocas anteriores (García Martínez-de-Lagrán, 2015, Zapata et al., 2004). Otros autores indican que la llegada de los cereales a España tuvo lugar por varias vías además de la pirenaica, desde el norte de África y por vía marítima a toda la costa Mediterránea (referencias recogidas en Zapata et al., 2004).

La cebada, varios tipos de trigo y leguminosas, así como otros cultivos llegaron a España de modo casi simultáneo. Durante buena parte del Neolítico, la diversidad de cultivos que aparece representada en el registro arqueológico español es sorprendente (Zapata et al., 2004). Sin embargo, se conoce muy poco sobre las variedades concretas de esa época, pues los restos suelen estar carbonizados y no son apropiados para análisis genéticos. Lo que parece claro es que la cebada ha estado presente en España durante al menos siete milenios, tiempo suficiente para que la selección natural y artificial hayan producido una huella profunda en la estructura genética de las variedades autóctonas.

La composición genética de las variedades locales que han llegado hasta el presente, en cambio, da algunas pistas sobre el origen de las cebadas españolas. La diversidad de los genes afectados por la domesticación de los cultivos sirve para trazar la historia de las variedades. Los genes que controlan la unión de los granos al raquis han sido esenciales en la domesticación de la cebada. Se han descrito mutaciones en dos genes, llamados por las siglas en inglés de la expresión “raquis quebradizo”, *btr1* y *btr2*. Se han detectado mutaciones en estos dos genes que producen un raquis tenaz, al que las espiguillas permanecen unidas hasta bien después de la maduración (Pourkheirandish et al., 2015). Esas dos mutaciones ocurrieron independientemente en dos zonas de Oriente Próximo, en dos momentos diferentes y sus descendientes dieron lugar a dos linajes en la cebada. Uno de ellos se distribuyó por Europa y Etiopía y el otro por Asia y Norte de África. Ambos tipos coexisten en España, lo cual sería coherente con las entradas desde el norte y el sur que sugieren los

datos arqueológicos de época Neolítica. Otro gen directamente relacionado con el proceso de domesticación del cultivo y su dispersión temprana desde el centro de origen es el *vrs1* (Komatsuda et al., 2007). Este gen es el principal determinante del tipo de espiga de la cebada, o sea, de dos o de seis carreras, según el número de granos que se producen por piso de la espiga. Las cebadas españolas son, en su mayoría de espiga de seis carreras, aunque también hay tipos de dos carreras. Pese a ser minoría, las cebadas de dos carreras muestran una variabilidad notable (Moralejo et al., 1994). De hecho, presentan al menos dos alelos distintos en el gen *vrs1*, lo que indica dos procedencias distintas, aunque una de ellas puede ser de aparición autóctona, pues no se ha descrito fuera de España (AM Casas, comunicación personal). Las cebadas españolas de seis carreras tienen también dos alelos distintos en *vrs1*, lo que indica que proceden originalmente de dos conjuntos genéticos distintos, originados por dos mutaciones independientes. De hecho, uno de los alelos de *vrs1* de las cebadas españolas de seis carreras podría proceder por mutación del alelo autóctono de dos carreras, lo que otorgaría una singularidad especial a algunas de las cebadas españolas. En resumen, bien sea por origen, bien por diversificación in situ, las cebadas españolas no constituyen un grupo homogéneo. España parece ser una zona de encuentro de distintos grupos genéticos de cebada, por lo que es un caso interesante para el estudio de la evolución de este cultivo sometido a selección natural y artificial.

## 7.2. Principales variedades locales

La situación del cultivo de variedades locales de cebada en el mundo fue revisada por Fischbeck (2003). La región WANA (West Asia – North Africa) aparecía dominada por las variedades locales, cultivadas en 8 millones y medio de hectáreas. En el resto del mundo, básicamente Europa y Sudamérica, apenas se llegaba a las 100.000 hectáreas. Hay que hacer la salvedad de que este análisis probablemente no recogió las superficies cultivadas con variedades procedentes de la mejora pero que procedían directamente de variedades locales, sin cruzamientos.

En la mayoría de países europeos, las variedades locales fueron sustituidas por variedades mejoradas durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX (Fischbeck, 2002). La persistencia en el cultivo de las cebadas españolas pone de manifiesto su potencial para la agricultura. Las variedades locales continuaron siendo cultivadas en España de modo masivo hasta el último tercio del siglo XX, aproximadamente, y de forma más esporádica hasta finales del siglo pasado. Varios testimonios ponen de relieve esta situación. En 1978, el nivel de uso de semilla certificada en cebada era de aproximadamente el 12% (Celador, 1980). El cultivo habría tenido una expansión enorme, pasando de poco más de un millón y medio de hectáreas en 1970 a tres millones en 1978 (Celador, 1980). El bajo nivel de uso de semilla certificada descendió aún más, al 9% en 1983, según manifestó en una entrevista a la revista Agricultura D. Fernando Miranda de Larra, director del Instituto Nacional de Semillas y Plan-

tas de Vivero<sup>1</sup>. En esa misma entrevista, menciona que las causas de ese pobre porcentaje son variadas y, entre ellas, está la utilización de variedades locales en zonas de climatología adversa y cambiante y suelos de baja fertilidad. En esas condiciones, los productores de cereales veían pocas ventajas de las variedades mejoradas frente a las tradicionales. Más adelante comentaremos los posibles motivos que pueden justificar esa opinión.

La selección en variedades locales suele ser el primer paso de los programas de mejora. Esto se hizo a mediados del siglo pasado en la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC). Esas selecciones en la EEAD dieron lugar a varias variedades que conocieron un éxito notable. Aunque no son variedades locales *sensu stricto*, se deben incluir en este apartado, pues no proceden de cruzamientos y todo su valor y sus características se derivan exclusivamente de su población local de origen. Entre estas selecciones destacan la variedad *Almunia*, procedente de una población de esa localidad zaragozana y, sobre todo, *Albacete* (ambas, obtenciones de D. Enrique Sánchez-Monge). Esta última se ha venido cultivando durante los últimos sesenta años, convirtiéndola sin duda en una de las variedades más longevas de Europa, llegando a cubrir más de un millón de hectáreas en su apogeo (Prieto, 1985), con un impacto económico sencillamente enorme (ver Lasa y Romagosa, 1988 para más detalles sobre el impacto económico de *Albacete*). *Albacete* ha dejado una huella duradera en el campo español, donde su nombre se identifica como el mayor éxito de la investigación española para la agricultura de secano.

### 7.3. Variedades locales con interés para su recuperación

Actualmente, el cultivo de las cebadas locales españolas ha sido prácticamente abandonado. Eso no quiere decir que no puedan tener su sitio en la agricultura moderna. Podrían tener su nicho en zonas en las que los rendimientos medios y habituales estén por debajo de, aproximadamente, las tres toneladas por hectárea. Deben ser zonas en las que el riesgo de encamado en un buen año sea bajo, pues la tendencia a encamarse de las variedades locales es muy acusada en la mayoría de los casos.

Uno de los objetivos actuales de la mejora, en los que las variedades locales pueden tener un papel, es la necesidad de obtener variedades para zonas en las que deba limitarse la aplicación de fertilizantes para evitar contaminación de zonas vulnerables. En estas condiciones, la altura excesiva de las cebadas locales como las españolas no supondría un problema. Al contrario, una elevada altura de planta unida a una extracción eficiente de nitrógeno, serían características deseables en esas condiciones.

---

<sup>1</sup>Agricultura. 1983. Bajo nivel de utilización de semilla certificada en España (entrevista a D. Fernando Miranda), 614:638-640.

La cebada no ha estado al margen de la tendencia actual a la recuperación de variedades antiguas, supuestamente por la mayor calidad que confieren a los productos derivados que las actuales. No está claro si la mejor calidad de los productos se deba a una mejor materia prima o a un proceso de manufactura especialmente cuidadoso, o a una combinación de ambos factores. Es bien conocido el caso de, por ejemplo, la conocida historia de la recuperación de la variedad de trigo Aragón03 (Mallor et al., 2014) para producir pan de alta calidad. En la cebada ha habido historias similares, como por ejemplo el auge de las cebadas tradicionales escocesas “*bere barleys*” y la recuperación de las variedades antiguas *Maris Otter* y *Chevallier*. Aunque en estos últimos casos no se trata de variedades tradicionales, sino de variedades antiguas procedentes de programas de mejora, son buenos ejemplos de nichos de mercado en los que el interés va más allá del mero rendimiento, que suele ser la fuerza principal que actúa en el mercado de la selección varietal.

*Maris Otter* fue registrada en 1960 por el Plant Breeding Institute de Cambridge, y se ha ganado la reputación de producir una malta de excelente calidad, pese a tener un rendimiento inferior al de variedades malteras más modernas. Esta variedad está ampliamente aceptada en las malterías de Inglaterra, y se produce bajo contrato, controlando estrictamente toda la cadena de suministro, desde la semilla para el agricultor, hasta la entrada a la maltería (Horsney, 2013). Un caso parecido es el de la variedad *Chevallier*, seleccionada a partir de una variedad local inglesa en época victoriana. Actualmente, existe un proyecto de investigación para la recuperación de esta variedad, de buena calidad maltera, justificado, desde el punto de vista de la mercadotecnia, por el interés del público sobre las variedades tradicionales<sup>2</sup>.

Otra industria floreciente basada en cebadas locales es la de los whiskys escoceses derivados de las *bere barleys* (Booth et al., 2014). Estas cebadas son variedades de seis carreras, que llegaron de Escandinavia durante las invasiones vikingas, que crecen en suelos muy pobres y tienen un ciclo de desarrollo ultracorto (se las denomina “cebadas de 90 días”). En este caso, la explotación de estas variedades tiene una base más agronómica que en los dos casos anteriores.

La enorme diversificación del mercado de la cerveza industrial y, aún más, de la cerveza artesanal está impulsando la búsqueda de productos diferenciados, que potencien la imagen de marca. El nombre de la variedad de cebada está comenzando a tener su importancia en el reconocimiento del producto, al menos en estos casos minoritarios. Está por ver si esta tendencia cobrará auge en otros lugares y con otras variedades. Este aspecto aún no se ha explorado en las cebadas españolas, aunque los escasos datos de los que se dispone indican que algunas variedades españolas tienen morfología de grano “rechoncho” y contenido de proteína bajo, características que deben poseer las variedades malteras.

---

<sup>2</sup> <https://www.jic.ac.uk/news/2013/04/beer-brewed-from-victorian-barley-variety/#>

## 7.4. Variedades locales conservadas en colecciones

Antes que nada, hay que definir qué es una variedad local. Esta definición puede variar ligeramente entre especies, dependiendo sobre todo del sistema de reproducción. Para la cebada, podemos seguir la definición de Fischbeck (2002): una variedad local representa el equilibrio entre genotipos heterocigotos (en un grado dependiente del sistema de reproducción) y heterogéneos de una población que es mantenida y multiplicada de modo continuado bajo unas condiciones climáticas, de suelo y de manejo particulares.

Los investigadores que trabajan con la cebada tienen la suerte de contar con una especie cuya diversidad genética es extraordinariamente amplia. Aparte de la riqueza de accesiones del ancestro silvestre, que de hecho pertenece a la misma especie, hay una cantidad enorme de variedades locales, que suelen suponer la mayor proporción de las accesiones guardadas en bancos de germoplasma en todo el mundo. Se calcula que, aproximadamente, 130.000 entradas, un 44% de las que tienen indicación de origen, son variedades locales. ICARDA tiene la mayor colección, con 15.500, seguida del banco de la Academia China de Ciencias Agrícolas, el Instituto de Conservación para la Biodiversidad de Etiopía, el PGRC de Canadá, el USDA de EEUU, el IPK alemán, el Instituto Japonés de Biorecursos, todas ellas con más de 10.000 accesiones de este tipo (Ullrich, 2011).

Las cebadas españolas fueron ya objeto de atención por parte de los pioneros de los recursos fitogenéticos. En sus expediciones de recolección, tanto Harry V. Harlan, en 1923, como Nikolai I. Vavilov, en 1927, recogieron semillas de cebada (en el caso de Vavilov, junto con semillas de otros cultivos). Estas muestras fueron incorporadas a las colecciones de los ahora llamados Instituto N.I. Vavilov de Recursos Fitogenéticos (VIR, Rusia), y el Departamento de Agricultura de EEUU (USDA, EEUU), respectivamente. Posteriormente, investigadores de la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), especialmente D. Enrique Sánchez-Monge, recolectaron variedades locales de cebada y de otros cereales. Villena (1955) publicó un estudio morfológico detallado de las variedades de cebada de la EEAD. Posteriormente, esas variedades serían entregadas al Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIA (CRF-INIA).

El CRF-INIA mantiene 1756 de accesiones de cebada de origen español que responden a la etiqueta de “cultivar primitivo” o “tradicional”, cubriendo la mayor parte del territorio nacional, incluidas Baleares y Canarias. Predominan, como es lógico, las accesiones de la España interior, pues la cebada en España es un cultivo fundamentalmente de clima continental y de secano. Igartua et al. (1998) construyeron la colección nuclear de cebadas españolas, para facilitar y sistematizar su estudio. Esta colección está constituida por 159 líneas puras, derivadas de accesiones locales españolas, y 16 cultivares antiguos, que fueron cultivados con éxito en España en algún momento. La colección se conserva y distribuye en la EEAD-CSIC.

## 7.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación

Hay un hecho innegable en cultivos extensivos como la cebada: las variedades locales se han ido sustituyendo por variedades mejoradas porque, en conjunto, son mejores. Merece la pena detenerse un momento en esta aparente redundancia. Las variedades vegetales son organismos que deben cumplir con una larga lista de condiciones que las hagan aptas para el cultivo, prácticas para el productor y deseables para el mercado. El fallo en una sola característica entre docenas hará que sea abandonada instantáneamente. Los cruzamientos con variedades locales introducen en las poblaciones de mejora no sólo sus caracteres deseables de adaptación, sino también todo un síndrome de caracteres indeseables, de los cuales es difícil librarse mediante las armas de la mejora clásica. Las variedades locales españolas de cebada, en general, son demasiado altas, sufren de encamado, tienen pesos específicos y calidad de grano bajos. Sin embargo, también tienen, como se detallará después, buenos caracteres de adaptación a la temperatura y al fotoperiodo, vigor inicial, resistencias a enfermedades y, potencialmente (aún está por demostrar empíricamente), tolerancia a la sequía. Habiendo tantos caracteres en juego, varios de ellos probablemente poligénicos, es muy difícil mantener los caracteres deseables y librarse de los indeseables sólo con métodos clásicos de cruzamiento y selección. Los tamaños de las poblaciones necesarias para tener una mínima probabilidad de éxito serían prohibitivos. Por este motivo, el uso de variedades locales en mejora de cebada ha estado casi siempre circunscrito a la introgresión de caracteres monogénicos como resistencias a enfermedades (Fischbeck 2002).

En los últimos años, con el auge de diferentes herramientas genéticas, ha aumentado el interés por las variedades locales. La posibilidad de localizar los loci que controlan un carácter en el genoma y su transferencia en los cruzamientos con precisión casi quirúrgica gracias al auxilio de los marcadores moleculares, solucionan en gran medida el problema del “arrastré genético” que acabamos de describir. Además, los marcadores moleculares ofrecen una perspectiva muy completa del grado de diversidad existente en los distintos grupos de germoplasma, facilitando las decisiones en cuanto a las estrategias para su utilización. Recientemente, ha habido grandes avances en la descripción de la diversidad atesorada en las variedades locales de cebada a nivel mundial. Muñoz-Amatriaín et al. (2014) emplearon cerca de 8.000 SNPs para caracterizar 2.417 accesiones de cebada, que son una muestra representativa de las más de 30.000 entradas de la colección del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA National Small Grains Collection). En este trabajo, con materiales de más de 100 países, incluyendo gran número de variedades locales, se identificaron cinco subpoblaciones de cebada, que corresponden a distintos orígenes geográficos y tipos de espiga. En el primer grupo se congregan cebadas de 6 carreras, de países del área mediterránea, Australia y América Central y Sur, siendo muchos de ellos cultivares autóctonos. En el segundo también hay variedades locales de 6 carreras, de origen asiático. El tercer grupo incluye cebadas cultivadas de 2 carreras, de origen europeo, así como materiales de

Nueva Zelanda, Brasil, Canadá y Chile. El grupo 4 contiene cultivares europeos, americanos y canadienses de 6 carreras. Por último, en el grupo 5 se encuentran variedades locales de Etiopía y Eritrea, de los dos tipos de espiga. Estos resultados ponen de manifiesto la diferenciación de las cebadas mediterráneas, incluyendo a las de la península ibérica, algo que ya se había visto en trabajos anteriores con microsatélites (Yahiaoui et al., 2008; Jones et al., 2011). Las cebadas españolas, a su vez, forman al menos cuatro grupos claramente diferenciados: variedades de dos carreras, variedades de seis carreras de invierno, cercanas a las europeas, variedades de seis carreras del Sur y de la zona mediterránea, similares a las norteafricanas, y variedades de seis carreras de la Meseta, que forman un grupo autóctono singular (Yahiaoui et al., 2008).

Una vez determinada su diversidad, se exploró el potencial de las variedades locales españolas de cebada, como nuevas fuentes de variación para caracteres de interés agronómico. Entre los materiales de la colección nuclear se han podido identificar líneas que destacan por su mayor resistencia a enfermedades fúngicas (Silvar et al., 2010a) o su mayor rendimiento en condiciones de baja productividad (Yahiaoui et al., 2014), entre otros caracteres. Además de evaluar el comportamiento general de la colección, algunas líneas se están utilizando en cruzamientos como donantes de resistencia a oídio (Silvar et al., 2010b, 2011, 2012) o rinosporiosis (Hofmann et al., 2013). De forma similar, las líneas con mayor rendimiento potencial en condiciones de baja productividad ( $<3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), se están empleando como donantes en cruzamientos con variedades élite, para intentar incorporar caracteres favorables de las mismas. Los primeros resultados, en un retrocruzamiento de la línea SBCC073 (SBCC son las siglas de la colección nuclear española de cebada en inglés) con la variedad Orria, han puesto de manifiesto que el parental español contribuye distintos alelos asociados con mayor rendimiento en condiciones de sequía, mientras que la variedad cultivada aporta otros alelos de rendimiento, unido a una menor altura de planta, así como mayor peso de mil granos (Boudiar et al., 2016). Otros cruzamientos están en fase de desarrollo en este momento.

Las cebadas españolas han resultado especialmente interesantes para profundizar en el control genético de la floración en nuestras latitudes. Tradicionalmente, los cereales se clasifican en variedades de invierno o primavera (Igartua et al., 2015). Sin embargo, las variedades tradicionales españolas no son fácilmente clasificables como tipos clásicos de invierno o primavera; de hecho, presentan dos alelos de tipo intermedio, en el principal gen de vernalización *VrnH1*, con menores necesidades de vernalización (Casao et al., 2011a). Como resumen de varios trabajos publicados sobre este tema (Casas et al. 2011, Casao et al., 2011abc, Loscos et al., 2013), se puede concluir que las cebadas españolas poseen combinaciones alélicas particulares en los genes principales de floración. Esas combinaciones casi no existen en las variedades modernas y sería muy interesante probarlas en nuevas variedades mejoradas.

## 7.6. Utilización en programas de mejora

Las cebadas locales se han revelado como un recurso muy interesante para la mejora especialmente en la región mediterránea, que no se ha beneficiado tanto como otras de los progresos de la mejora genética. Se han mostrado especialmente interesantes en zonas afectadas gravemente por estreses abióticos y con agricultura de bajos insumos (Ceccarelli et al., 2000). El grupo de Salvatore Ceccarelli y sus colaboradores, en ICARDA, han llevado a cabo una larga serie de estudios en los que se ha puesto de manifiesto la ventaja de las cebadas locales sobre variedades mejoradas importadas en Siria y otros países de la región WANA (Ceccarelli, 1996), aunque esa ventaja desaparecía en los experimentos con producciones medio-altas. Los programas de mejora en ICARDA se alimentan en gran medida de variedades locales y están teniendo un éxito notable, especialmente en combinación con métodos de mejora participativa, en los que los usuarios finales son partícipes de la decisión final sobre las variedades (Ceccarelli, 2012).

Otra historia de éxito de las cebadas locales, españolas en concreto, en la mejora de la cebada es la de las variedades conocidas como *Coast*, introducidas en California por los colonizadores españoles. Estas variedades mostraron buena adaptación al clima local, similar al español, y fueron uno de los padres fundadores, junto con otras cebadas europeas y asiáticas, de las cebadas norteamericanas actuales (Martin et al., 1991).

En España, la situación tiene grandes paralelismos con la historia de ICARDA. En 1959, en un congreso de Eucarpia, la asociación europea de mejoradores de cultivos, el Prof. D. Enrique Sánchez-Monge, disertó sobre los problemas de la mejora de cereales en España, indicando que las selecciones en variedades locales ofrecían los mejores resultados para las zonas de secano, donde la sequía era el principal factor limitante. Por el contrario, en zonas de regadío, las variedades locales se veían superadas por variedades mejoradas bien en España o en Italia. Esta perspectiva de quien fue el pionero de la mejora de cereales en España indica claramente el potencial de las variedades locales como fuentes de adaptación, especialmente para las zonas con mayores estreses ambientales. De hecho, los mejoradores de finales del siglo XIX y principios del XX intentaron introducir variedades de otros orígenes europeos, directamente o en cruzamientos, con escaso éxito en comparación con las variedades locales. Este hecho fue citado por Pujol-Andreu (2011), quien se hace eco de fuentes originales de la época. Aventurándose en el terreno de la especulación, estas referencias sugieren que los síndromes de adaptación de las variedades locales posiblemente tenían una causa poligénica y eran difíciles de capturar a través de esquemas simples de mejora.

Desde hace unos 10 años, las mejores líneas de la colección nuclear española se están empleando como parentales en el programa público nacional de mejora de cebada (Gracia

et al., 2012). Se cruzan con líneas élite y se realizan uno o dos retrocruzamientos con el parental élite como recurrente, para introducir el germoplasma local en dosis relativamente bajas. De momento, la selección se ha hecho de modo clásico, aunque ya se conoce lo suficiente de algunos de los parentales locales como para plantear una selección asistida por marcadores para caracteres como floración, altura de planta y caracteres de grano.

## **7.7. Logros y perspectivas**

Todas las variedades actuales proceden de cruzamientos entre variedades locales en un momento más o menos lejano en el tiempo. Sin embargo, cuanto más ha avanzado la mejora, más han divergido las variedades modernas de sus ancestros locales. De este modo, cada vez es más difícil cruzar variedades locales con variedades élite, a menos que se tengan claros los objetivos y se posea información sobre la localización en el genoma de las regiones que controlan los caracteres de interés.

La publicación de una larga serie de trabajos sobre las cebadas españolas, algunos de los cuales están referenciados a lo largo de este capítulo, ha servido para localizar regiones del genoma relacionadas con el control de caracteres de interés en varias accesiones españolas. Esto ha permitido movilizar este recurso genético y ponerlo en el punto de mira de investigadores y mejoradores. En virtud del Tratado Internacional para los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, se han repartido accesiones de la colección nuclear española a EEUU, Japón, Australia, Uruguay, Alemania, Reino Unido, Dinamarca, e Italia, así como a varias empresas europeas. Así, varias de las accesiones españolas están incluidas en los programas de mejora de algunas de las mayores empresas europeas, además de en el programa nacional español, como se menciona más arriba. Este interés, sin embargo, no es compartido por las empresas españolas. Un reciente estudio de prospectiva sobre los objetivos prioritarios de investigación en cereales en España revelaba que, mientras que el potencial de la variabilidad local para mejora era valorado muy positivamente por la comunidad científica, se veía como un objetivo de baja prioridad por el sector privado (Tello et al., 2015). Parece que el sector no es plenamente consciente del potencial de la diversidad genética y de los caracteres de adaptación al ambiente de las cebadas españolas, que podrían aprovecharse para desarrollar variedades productivas, adaptadas a la región mediterránea, y distintas de las que dominan actualmente el mercado.

## **7.8. Agradecimientos**

Los autores agradecen la financiación del INIA, a través de los proyectos RFP2012-00015-00-00, RTA2012-00033-C03-00 y del MINECO a través del proyecto AGL2013-49028-C3-1-R.

## 7.9. Referencias

- Booth A, Ramsay L, Martin P, Thomas B, Newton A, Ambrose M, Russell J. 2014. Diversity in heritage barleys: Adaptation on a local scale. p. 57. In: U. Lothwasser and A. Borner (eds). Cereals for Food, Feed and Fuel – Challenge for Global Improvement. Wernigerode, Germany
- Boudiar R, Casas AM, Cantalapiedra CP, Gracia MP, Igartua E. 2016. Identification of quantitative trait loci for agronomic traits contributed by a barley (*Hordeum vulgare*) Mediterranean landrace. *Crop & Pasture Sci.* 67: 37-46.
- Casao MC, Igartua E, Karsai I, Lasa JM, Gracia MP, Casas AM. 2011a. Expression analysis of vernalization and day-length response genes in barley (*Hordeum vulgare* L.) indicates that *VRNH2* is a repressor of *PPDH2* (*HvFT3*) under long days. *J. Exp. Bot.* 62: 1939-1949.
- Casao MC, Igartua E, Karsai I, Bhat PR, Cuadrado N, Gracia MP, Lasa JM, Casas AM. 2011b. Introgression of an intermediate *VRNH1* allele in barley (*Hordeum vulgare* L.) leads to reduced vernalization requirement without affecting freezing tolerance. *Molecular Breeding* 4: 475-484
- Casao MC, Karsai I, Igartua E, Gracia MP, Veisz O, Casas AM. 2011c. Adaptation of barley to mild winters: A role for *PPDH2*. *BMC Plant Biology* 11:164
- Casas AM, Djemel A, Ciudad FJ, Yahiaoui S, Ponce LJ, Contreras-Moreira B, Gracia MP, Lasa JM, Igartua E. 2011. *HvFT1* (*VrnH3*) drives latitudinal adaptation in Spanish barleys. *Theoretical and Applied Genetics* 122: 1293-1304
- Ceccarelli S. 1996. Positive interpretation of genotype by environment interactions in relation to sustainability and biodiversity. pp. 467-486. In: M. Cooper, and G. L. Hammer (eds), *Plant Adaptation and Crop Improvement*, CABI Publishing, Wallingford, UK
- Ceccarelli S, Grando S, Tutwiler R, Baha J, Martini AM, Salahieh H, Goodchild A, Michael, M. 2000. A methodological study on participatory barley breeding. I. Selection phase. *Euphytica* 111: 91-104
- Ceccarelli S. 2012. Landraces: Importance and Use in Breeding and Environmentally Friendly Agronomic Systems, pp 103-117. In: *Agrobiodiversity Conservation: Securing the Diversity of Crop Wild Relatives and Landraces*. CAB International.
- Celador V. 1980. Semillas selectas (I). Su uso en España. *Agricultura* 577: 418-421.
- Fischbeck G. 2002. Contribution of barley to agriculture. A brief overview. pp. 1-10. In GA Slafer, JL Molina-Cano, R Savin, JL Araus, I Romagosa (eds). *Barley Science. Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. Ed. Haworth Press, New York.
- Fischbeck G. 2003. Diversification through breeding. pp. 29-52. In: R. von Bothmer, Th. van Hintum, H. Knüpfper y K Sato (eds), *Diversity in Barley (*Hordeum vulgare*)*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands
- García-Martínez de Lagrán I. 2015. Recent data and approaches on the Neolithization of the Iberian Peninsula, *European Journal of Archeology* 18:429-453

- Gracia MP, E Mansour E, Casas AM, Lasa JM, Molina-Cano JL, Moralejo M, Fuster P, Escribano J, Ciudad FJ, Montoya JL, E Igartua. 2012. Progress in the Spanish National Barley Breeding Program. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10:741-751
- Hofmann K, Silvar C, Casas AM, Herz M, Büttner B, Gracia MP, Contreras-Moreira B, Wallwork H, Igartua E, Schweizer G. 2013. Fine mapping of the Rrs1 resistance locus against scald in two large populations derived from Spanish barley landraces. *Theor. Appl. Genet.* 126: 3091–3102.
- Horsney I. 2013. *Brewing*. 331 pp. RSC Publishing, UK
- Igartua E, Gracia MP, Lasa JM, Medina B, Molina-Cano JL, Montoya JL, Romagosa I. 1998. The Spanish barley core collection. *Genet. Resour. Crop Evol.* 45: 475-481.
- Igartua E, Ciudad FJ, Gracia MP, Casas AM. 2015. ¿Cebadas de invierno, de primavera, o hay otras? <http://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/131499-Cebadas-de-invierno-de-primavera-o-hay-otras.html>
- Jones H, Civián P, Cockram J, Leigh FJ, Smith LMJ, Jones MK, Charles MP, Molina-Cano JL, Powell W, Jones G, Brown TA. 2011. Evolutionary history of barley cultivation in Europe revealed by genetic analysis of extant landraces. *BMC Evolutionary Biol.* 11: 320.
- Komatsuda T, Pourkheirandish M, He C, Azhaguvel P, Kanamori H, Perovic D, Stein N, Graner A, Wicker T, Tagiri A, Lundqvist U, Fujimura T, Matsuoka M, Matsumoto T, Yano M. 2007. Six-rowed barley originated from a mutation in a homeodomain-leucine zipper I-class homeobox gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104: 1424-1429.
- Lasa JM, Igartua E, Ciudad FJ, Codesal P, García EV, Gracia MP, Medina B, Romagosa I, Molina-Cano JL, Montoya JL. 2001. Morphological and agronomical diversity patterns in the Spanish barley core collection. *Hereditas* 135: 217-225.
- Lasa JM, Romagosa I. 1988. Mejora de cebadas para secanos españoles en la Estación Experimental de Aula Dei. *An. Estac. Exp. Aula Dei* 19: 265-268.
- Loscos J, Igartua E, Contreras-Moreira B, Gracia MP, Casas AM. 2014. HvFT1 polymorphism and effect—survey of barley germplasm and expression analysis. *Frontiers in Plant Science. Plant Genetics and Genomics*, 5, 251.
- Mallor C, Igartua E, Errea P. 2014. Las variedades tradicionales en el panorama actual de la mejora y la producción sostenible. pp. 35-61. En R. Socias I Company, MJ Rubio-Cabetas, A. Garcés-Claver, C. Mallor, J.M. Alvarez (eds.) *La obtención de variedades: desde la mejora clásica hasta la mejora genética molecular*. CITA, SECH, SEG
- Marínval P. 1995. Recol·lecció i agricultura de l'epipaleolític al neolític antic: Anàlisi carpològica de la Balma de la Margineda. In Guilaine, J., and Martzluff, M. (eds.), *Las excavacions a la Balma de la Margineda*, Edicions del Govern d'Andorra, Andorra, pp. 65–77.
- Martin JM, Blake TK, Hockett EA (1991) Diversity among North American spring barley cultivars based on coefficients of parentage. *Crop Sci.* 31:1131-1137
- Moralejo M, Romagosa I, Salcedo G, Sanchez-Monge R, Molina-Cano JL. 1994. On the origin of Spanish two-rowed barleys, *Theor. Appl. Genet.* 87: 829-36
- Muñoz-Amatriáin M, Cuesta-Marcos A, Endelman JB, Comadran J, Bonman JM, Bockelman HE, Chao S, Russell J, Waugh R, Hayes PM, Muehlbauer GJ. 2014. The USDA

- barley core collection: Genetic diversity, population structure, and potential for genome-wide association studies. *PLoS ONE* 9: e94688.
- Pourkheirandish M, Hensel G, Kilian B, Senthil N, Chen G, Sameri M, Azhaguvel P, Sakuma S, Dhanagond S, Sharma R, Mascher M, Himmelbach A, Gottwald S, Nair SK, Tagiri A, Yukuhiro F, Nagamura Y, Kanamori H, Matsumoto T, Willcox G, Middleton CP, Wicker T, Walther A, Waugh R, Fincher GB, Stein N, Kümlehn J, Sato K, Komatsuda T. 2015. Evolution of the grain dispersal system in barley. *Cell* 162: 527-539.
  - Prieto C. 1985. Situación varietal en España y problemática con vistas a la entrada en la CEE. En *Actas de las II Jornadas Técnicas sobre Cereales de Invierno*. I: 377-388. Pamplona.
  - Pujol-Andreu J. 2011. Wheat varieties and technological change in Europe, 19th and 20th centuries: New issues in economic history. *Historia Agraria* 54: 71-103.
  - Silvar C, Casas AM, Kopahnke D, Habekuß A, Schweizer G, Gracia MP, Lasa JM, Ciudad FJ, Molina-Cano JL, Igartua E, Ordon F. 2010a. Screening the Spanish Barley Core Collection for disease resistance. *Plant Breeding* 129: 45-52.
  - Silvar C, Dhif H, Igartua E, Kopahnke D, Gracia MP, Lasa JM, Ordon F, Casas AM. 2010b. Identification of quantitative trait loci for resistance to powdery mildew in a Spanish barley landrace. *Mol. Breeding* 25: 581-592.
  - Silvar C, Casas AM, Igartua E, Ponce-Molina LJ, Gracia MP, Schweizer G, Herz M, Flath K, Waugh R, Kopahnke D, Ordon F. 2011. Resistance to powdery mildew in Spanish barley landraces is controlled by different sets of quantitative trait loci. *Theor. Appl. Genet.* 123: 1019-1028.
  - Silvar C, Perovic D, Scholz U, Casas AM, Igartua E, Ordon F. 2012. Fine mapping and comparative genomics integration of two quantitative trait loci controlling resistance to powdery mildew in a Spanish barley landrace. *Theor. Appl. Genet.* 124: 49–62.
  - Ullrich SE. 2011. Significance, adaptation, production and trade of barley. pp. 3-13. In SE Ullrich (ed) *Barley: Production, Improvement and Uses*. Wiley-Blackwell, Iowa, USA
  - Villena LM. 1955. La identificación de “cultivars” en cebada. *Anales de Aula Dei* 4: 1-148.
  - Tello ML, Barro F, Catón A, Carrillo JM, Chueca C, Ciudad FJ, Fernández-Quintanilla C, García AM, García-Serrano P, López Bellido RJ, Moreno-González J, Pérez- Sánchez P, Royo C, Ruiz de Gauna G, Slafer G, Solís I, Igartua E. 2015. Objetivos de investigación sobre cereales en España. *Vida Rural*, año 22, junio 2015: 70-78.
  - Yahiaoui S, Igartua E, Moralejo M, Ramsay L, Molina-Cano JL, Ciudad FJ, Lasa JM, Gracia MP, Casas AM. 2008. Patterns of genetic and eco-geographical diversity in Spanish barleys. *Theor. Appl. Genet.* 116: 271-282.
  - Yahiaoui S, Cuesta-Marcos A, Gracia MP, Medina B, Lasa JM, Casas AM, Ciudad FJ, Montoya JL, Moralejo M, Molina-Cano JL, Igartua E. 2014. Spanish barley landraces outperform modern cultivars at low-productivity sites. *Plant Breeding* 133: 218-226.
  - Zapata L, Peña-Chocarro L, Pérez-Jordá G, Stika HP. 2004. Early Neolithic Agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of World Prehistory* 18: 283-325.

## **8. Maíz**

---

### **Amando Ordás**

Misión Biológica de Galicia (CSIC), Apartado 28, 36080 Pontevedra  
aordas@mbg.csic.es

#### **8.1. Introducción**

#### **8.2. Origen del maíz**

#### **8.3. Germoplasma**

##### **8.3.1. Razas de América**

##### **8.3.2. El maíz del Corn Belt**

##### **8.3.3. El germoplasma español**

##### **8.3.4. Las variedades españolas**

#### **8.4. Uso de las variedades locales**

##### **8.4.1. Programas de selección recurrente**

##### **8.4.2. Obtención de híbridos**

#### **8.5. El futuro de las variedades locales**

#### **8.6. Agradecimientos**

#### **8.7. Referencias**

## 8.1. Introducción

Según los últimos datos publicados por la FAO (2014) el maíz fue en términos de producción en 2014 la segunda mercancía agrícola mundial, por detrás solo de la caña de azúcar y precediendo al arroz (con cáscara), al trigo y a las patatas. La superficie ocupada por el maíz sigue en el conjunto del planeta una línea ascendente. Así, por ejemplo, se ha pasado en los cinco últimos años de 159,5 millones de hectáreas en 2009 a 185,1 millones en 2013, a las que hay que añadir algo más de un millón de hectáreas dedicadas a maíz forrajero y otras superficies ocupadas por maíz dulce y maíz de palomitas, aunque de estos dos últimos cultivos no hay datos.

En 2013 el maíz grano ocupó en España una superficie de 442.298 ha, con una producción de 4.888.462 t (MAGRAMA, 2015), si bien estas cifras son, con toda seguridad, inferiores a las reales ya que es muy difícil, si no imposible, cuantificar las hectáreas que se dedican a este cultivo en los minifundios de Galicia y la cornisa cantábrica. Un hecho destacable es el aumento de superficie observado en los últimos años, con un aumento de superficie de más de 100.000 ha desde 2010 (en ese año se sembraron 315.000 ha). La comunidad que más superficie dedicó al maíz grano en 2013 fue Castilla y León (121.965 ha), seguida de Aragón (76.770 ha) y Extremadura (69.136 ha). Las provincias con más superficie fueron León (65.263 ha), Huesca (48.840 ha) y Badajoz (47.113). En conjunto, España tiene un acusado déficit de este cereal ya que precisa importar mucho más grano del que produce. De maíz forrajero se cosecharon 107.086 ha en 2013. Casi dos terceras partes de esa superficie correspondieron a Galicia (MAGRAMA, 2015). Hay también una pequeña superficie dedicada al cultivo asociado de judía y maíz (1.451 ha en 2013), y al maíz dulce y de palomitas, pero de estos dos últimos tipos no hay datos. En resumen, el maíz ocupa oficialmente en nuestro país unas 550.000 ha, aunque, como anteriormente se explicó, la superficie real debe ser sensiblemente superior.

El grano de maíz es un fruto en cariósipide, que incluye el embrión, el endospermo, la aleurona y el pericarpio. Se encuentra también un resto del pedicelo, por el que el grano estaba unido al zuro. El color del grano, factor importante a la hora de clasificar variedades ya que ha sido un carácter que el agricultor suele tener en cuenta al realizar la selección de semilla, es el resultado de la interacción entre pericarpio, aleurona y endospermo.

El pericarpio es la envoltura externa de la semilla y, como tejido materno que es, no tiene contribución genética del polen. En otras palabras, tiene un genotipo idéntico al de la planta sobre la que se asienta la mazorca. La aleurona, capa exterior del endospermo, está formada normalmente por una capa única de células, al contrario que en la mayoría de los cereales. Es, al igual que el endospermo, triploide. El endospermo, tejido triploide que procede de la unión del núcleo secundario del saco embrional (2x) con uno de los núcleos espermáticos

(x) del grano de polen, constituye la mayor parte del grano, generalmente el 80–85% de su peso. Sus células están rellenas de granos de almidón, lo que hace que el maíz se considere ante todo un alimento energético.

Desde el punto de vista de su apariencia física el almidón se presenta bajo dos consistencias distintas: almidón duro y almidón blando. La distinta proporción de uno y otro, así como su disposición en el grano, causa la aparición de distintos tipos de maíz: de palomitas (reventador), liso (duro, cristalino), dentado y harinoso. El maíz que se cultiva habitualmente para la obtención de harinas para piensos animales (su uso más común en los países desarrollados de las zonas templadas) es el dentado, seguido del liso o tipos intermedios (semidentados) en zonas de clima más frío. Para alimentación humana, especialmente en Iberoamérica, el harinoso es el tipo predominante.

## 8.2. Origen del maíz

No cabe duda de que el maíz es una especie misteriosa debido a que es una de las plantas más estudiadas de nuestro planeta y, sin embargo, aún no conocemos su origen con total certidumbre. En lo que sí están de acuerdo todos los expertos es que el maíz es una planta americana. Cuando Colón llegó al Nuevo Mundo, el maíz se cultivaba desde Gaspé (Canadá) hasta Chile (Wilkes, 2004).

A lo largo del siglo XX hubo una gran cantidad de controversia acerca del origen del maíz. En todos los casos el maíz se consideraba relacionado estrechamente con el teosinte, una especie silvestre que crece de forma natural en México y Guatemala y de aspecto tan diferente al del maíz que los primeros taxonomistas le adjudicaron un género distinto: *Euchlaena mexicana*. Hoy se considera que todos los tipos de teosinte pertenecen al género *Zea*.

La teoría más aceptada actualmente indica que el maíz cultivado hoy, que es esencialmente el mismo que los españoles se encontraron al llegar a América en 1492, desciende del teosinte Balsas (Bennetzen et al., 2001; citado por Wilkes, 2004), planta silvestre en los estados de Guerrero y Michoacán (centro sur de México), y fue domesticado hace, aproximadamente, unos 9.000 años. Hay distintos teosintes, anuales y perennes, diploides y tetraploides, todos pertenecientes al género *Zea*. Los teosintes y el maíz se clasifican en cuatro especies y siete taxones (Iltis y Doebley, 1980; Doebley 1990) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Taxonomía del género *Zea*.Sección *Luxuriantes**Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán: teosinte perenne diploide*Zea perennis* (Hitchcock) Reeves y Mangelsdorf: teosinte perenne tetraploide*Zea luxurians* (Durieu y Ascherson) Bird: teosinte GuatemalaSección *Zea**Zea mays* L.subsp. *mexicana* (Schader) Iltis: teosintes Chalco, Meseta Central y Nobogamesubsp. *parviglumis* Iltis y Doebley: teosinte Balsassubsp. *huehuetenangensis* Doebley: teosinte Huehuetenangosubsp. *mays* Iltis y Doebley: maíz

### 8.3. Germoplasma

La primera clasificación de la variabilidad existente en el maíz fue hecha a finales del siglo pasado por Sturtevant (1899), quien dividió los tipos existentes en seis grupos: dentado, liso (o duro), harinoso, de palomitas, dulce y tunicado. Esta clasificación, salvo en el caso del maíz tunicado, se basa en la composición del endospermo. En muchos casos las diferencias son simplemente monogénicas, como, por ejemplo, el carácter dulce (*su1*) frente a almidonoso (*Su1*) que depende de un gen situado en el cromosoma 4, o el carácter tunicado, también monogénico y localizado igualmente en el cromosoma 4 (*Tu1*). Pero otras diferencias, tales como las existentes entre el maíz de palomitas y el liso, son poligénicas. En cualquier caso, y prescindiendo del maíz tunicado, representan los principales tipos de maíz cultivado en el mundo y los que ya se encontraron los españoles al llegar a América.

Los maíces de palomitas son básicamente un tipo liso de grano pequeño. Se considera generalmente que forman las razas más primitivas del maíz actual. Sus granos tienen la propiedad de reventar al aplicárseles calor, dando lugar a las típicas palomitas o rosetas.

Los granos de maíz liso tienen fundamentalmente endospermo duro y poseen la ventaja de un fácil almacenamiento y germinación en condiciones difíciles.

El maíz dentado es un tipo intermedio entre el liso y el harinoso, variando el grado de dentición con el fondo genético. Los lados de los granos dentados son lisos, mientras que el núcleo central es harinoso. Debido a que el núcleo blando se contrae más durante el secado que los lados duros, el grano maduro adquiere el característico aspecto dentado.

Los granos de maíz harinoso tienen únicamente almidón blando. Al secar presentan la ventaja de una molienda muy fácil, incluso en el caso de que se haga a mano. Tienen, en cambio, el grave inconveniente de la facilidad para la aparición de mohos sobre la mazorca que pueden llegar a arruinar la cosecha. Por ello su uso está limitado a áreas con un clima muy seco en la época de la recolección.

En el maíz dulce el gen *su1* previene o retarda la conversión del azúcar en almidón durante la formación del endospermo. Como consecuencia de ello, los granos dulces al secar presentan una típica apariencia arrugada y cristalina.

El maíz tunicado tiene la peculiaridad de que cada grano está envuelto por unas largas glumas, de modo similar a lo que ocurre en otras gramíneas.

Andersson y Cutler (1942) apuntaron lo artificioso del sistema de Sturtevant y propusieron que las clasificaciones raciales debían basarse en las relaciones naturales. Estos autores definieron una raza como un grupo de individuos relacionados con suficientes características en común que permiten reconocerlos como un grupo. Genéticamente una raza es un grupo de individuos con un número significativo de genes en común. Las razas principales tienen en común menor número de genes que las subrazas. Si bien se ha avanzado bastante en el conocimiento de las razas del maíz, aún no se conoce qué caracteres son necesarios para establecer las semejanzas y las diferencias entre ellas. En los últimos años ha surgido un creciente interés por aplicar marcadores moleculares, tanto isoenzimáticos como bioquímicos, para el estudio de la variabilidad genética existente en las colecciones. Se han empleado numerosos marcadores (isoenzimas, RAPD, RFLP...), pero, posiblemente, los más utilizados en los últimos años han sido los microsatélites y los SNP.

### **8.3.1. Razas de América**

Dado que el maíz proviene de América, es conveniente conocer las variedades americanas ya que allí se encuentran todos los genes de la especie. Hay que tener en cuenta la dificultad de trabajar en la Península con maíz procedente de México, Centroamérica o los países bolivarianos (área en la que se encuentra la mayor variabilidad de la especie) debido a la sensibilidad del maíz al fotoperiodo ya que las variedades de esa zona son de día corto.

La clasificación en razas del maíz del continente americano comenzó con los trabajos de Wellhausen y sus colaboradores, que en 1951 publicaron los resultados de un extenso estudio sobre una amplia colección de maíz mexicano. Dicha publicación (Razas de maíz en México) preparó el camino para una serie de estudios raciales que tuvieron lugar en los doce años siguientes y que abarcaron la totalidad prácticamente del maíz americano, produciendo una serie de boletines que fueron seguidos o acompañados por estudios similares sobre el germoplasma europeo y asiático (Goodman y Brown, 1988).

Las clasificaciones del maíz americano, publicadas en los boletines mencionados, fueron consideradas por muchos de los autores como preliminares y como punto de partida para estudios más definitivos que, lógicamente, seguirían. Hasta ahora esto ha ocurrido hasta cierto punto, principalmente por los trabajos de Goodman y sus colaboradores que, aplicando métodos de taxonomía numérica, han determinado con mayor precisión las relaciones

entre las razas previamente descritas (Goodman, 1967, 1968; Goodman y Paterniani, 1969; Goodman y Bird, 1977; Bird y Goodman, 1977; Goodman y Brown, 1988; Sánchez y Goodman, 1992; Sánchez et al., 1993).

En lugar de delimitar grupos raciales, complejos o «súper razas», Mangelsdorf (1974), en un intento de estudiar la variabilidad encontrada en las razas de Iberoamérica, estableció lo que él llamó seis «linajes». Cada linaje significa un grupo de razas que descienden de un antecesor común. De norte a sur las razas ancestrales de estos linajes son:

1. Palomero Toluqueño, el maíz mexicano de palomitas, de semillas puntiagudas.
2. El complejo Chapalote-Nal-Tel de México.
3. Pira Naranja de Colombia, el progenitor del maíz liso tropical con endospermo de color anaranjado.
4. Confite Morocho de Perú, el progenitor del maíz de ocho filas.
5. Chullpi de Perú, el progenitor de todo el maíz dulce y las formas almidonosas relacionadas con mazorcas globulares.
6. Kulli, el maíz peruano coloreado, progenitor de todas las razas con complejos de colores de pericarpio y aleurona.

Hasta el presente, la clasificación más completa de las efectuadas sobre el germoplasma americano es la de Goodman y Brown (1988). Estos autores describen la mayoría de las razas encontradas en el continente americano, así como las probables relaciones entre ellas.

### **8.3.2. El maíz del Corn Belt**

El maíz del Corn Belt, con una gran importancia en la mejora ya que es la raza más productiva del mundo en las zonas templadas, se originó hace relativamente poco tiempo y por una feliz casualidad. A mediados del siglo XIX Robert Reid, procedente del Sur de Ohio, se instaló en la parte central de Illinois trayéndose con él, como era común, su semilla de maíz (una variedad de la raza Southern Dent). En 1846 la semilla maduró mal y, como consecuencia de ello, en 1847 la nascencia fue muy pobre. Robert Reid sembró los fallos con una variedad local (perteneciente a la raza Northern Flint) mucho más precoz. Afortunadamente, por esta siembra tardía de la variedad precoz, ambas variedades florecieron a la vez y se produjo un híbrido intervarietal. James, hijo de Robert Reid, seleccionó durante muchos años este material y, finalmente, obtuvo la famosa variedad 'Reid Yellow Dent'. De ella proceden muchas de las líneas que forman parte de los híbridos más cultivados en el mundo en la actualidad. Otras importantes variedades del Corn Belt son 'Lancaster Surecrop', 'Iodent', 'Minnesota No. 13', etc.

La historia del maíz del Corn Belt, así como su significación en la mejora, ha sido estudiada por diversos autores (Crabb, 1947; Andersson y Brown, 1952; Wallace y Brown, 1956;

Hayes, 1963; Troyer, 1999, 2001, 2004, 2007; Troyer y Mikel, 2010; Troyer y Palmer, 2006). Actualmente, en las zonas templadas del planeta prácticamente todos los híbridos cultivados tienen germoplasma de esta raza.

### 8.3.3. El germoplasma español

Hay diversos estudios sobre la introducción del maíz en Europa (Tenailon y Charcosset, 2011; Rebourg et al., 2003; Revilla et al., 1998, 2003), que arrojan luz sobre el camino que siguió la especie para establecerse en Europa, si bien aún queda mucho por confirmar. Lo que está comúnmente aceptado es que la primera siembra en el Viejo Mundo tuvo lugar en España en 1493 con maíz caribeño traído por Colón. A partir de ahí, ha habido numerosas introducciones desde distintas partes de América.

La Misión Biológica de Galicia (MBG), creada en 1921 en Santiago de Compostela y afincada desde 1927 en Pontevedra, comenzó la recogida de variedades locales españolas a comienzos de los años veinte del siglo pasado (Ordás, 1993). En aquellos tiempos no existía una especial preocupación por la conservación del germoplasma y por ello, las variedades que no proporcionaban buenas líneas puras para la obtención de híbridos eran desechadas. Un primer resumen de sus trabajos lo tenemos en una publicación de 1930 (De la Sota et al., 1930), que recoge la labor realizada durante nueve años: de 1921 a 1929, en los que se autofecundaron 174 variedades distintas de maíz: 153 procedentes de Galicia, 4 de Francia, 14 de Estados Unidos y 3 de Italia. Al final de la campaña de 1929, de dichas variedades solo quedaban 8 amarillas, 4 blancas y 160 líneas puras de ellas derivadas. De las 153 variedades recogidas en Galicia, sólo se conservaban líneas de siete de ellas, si bien alguna, como la variedad 'H' (una de cuyas líneas aún se conserva) con toda seguridad no es una población "del país", antes bien parece una variedad de la raza Northern Flint.

Dos híbridos dobles desarrollados por la MBG tuvieron bastante difusión en aquellos primeros años:

*Pepita de Oro:*

(Henderson's Longfellow × Gold Nugget) × (Salzer's Longfellow × Var. H)

*Reina Blanca:*

(Sanford White × Arcade) × (Henderson's Large White × Var. H bl.)

Los nombres de las variedades se refieren a líneas puras extraídas de ellas directamente, es decir a lo que llamamos *líneas de primer ciclo*. De todas las variedades involucradas en

esos híbridos, solo 'Arcade' es una variedad autóctona española originaria de la provincia de Pontevedra. Posteriormente, en 1950, último año en el que se trabajó con un programa de mejora de variedades locales en la MBG, el número de variedades era de 53 y el de líneas puras (en un nivel de consanguinidad más o menos avanzado) de 379 (Tabla 2).

Una de las variedades tiene una importancia especial: la número 25 (Lizargárate) ya que de ella se obtuvo la EP1, una de las líneas puras europeas más famosas. Uno de los híbridos dobles franceses obtenidos por el INRA, y que fue el que abrió el camino en Europa para la expansión de los híbridos en detrimento de las variedades locales, fue el INRA-258, cuya fórmula es (F115 × W33) (EP1 × F7). De toda esta colección en la actualidad se conservan líneas puras de las variedades 'Marshall's Longfellow', 'Maíz alto de León', 'Variedad H', 'Lizargárate' y 'Northern White', y ninguna de las variedades locales gallegas.

En 1932 se creó el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INIA). Una de las dependencias del INIA fue el Centro de Mejora del Maíz (CMM), radicado en la Granja de Meco (Alcalá de Henares, Madrid). En este centro se llevó a cabo la primera clasificación en razas del germoplasma español (Sánchez-Monge, 1962). En el CMM existían 90 variedades españolas, a las que se añadieron muestras conseguidas por el Servicio de Extensión Agraria, las jefaturas agronómicas provinciales, etc., hasta formar una colección de 372 variedades (357 de maíz grano y 15 de maíz de palomitas) que fueron sembradas en 1959 y 1960 en la finca del CMM. En este trabajo se excluyeron los maíces canarios por los problemas de adaptación al fotoperiodo.

De cada variedad se sembró una parcela de 60 plantas y se tomó un conjunto de caracteres fenotípicos. La media anual de cada carácter se tomó, salvo excepciones, sobre las primeras 10 plantas normales de cada parcela. Con estos datos se hizo una clasificación en 20 razas (17 de maíz grano y 3 de maíz de palomitas) y 32 formas intermedias (31 de maíz grano y 1 de maíz de palomitas). Como es obvio, dada la época en que se realizó el trabajo, no se usaron datos moleculares.

Debido a diversas vicisitudes la colección estuvo a punto de perderse, pero antes de que esto ocurriera, la mayoría de esta valiosa colección (cinco razas estaban perdidas) ha podido ser recuperada y se encuentra conservada en la MBG, en donde se ha investigado la relación entre ellas por medio de su variación en isozimas (Revilla et al., 1998).

**Tabla 2.** Variedades de maíz conservadas en la Misión Biológica de Galicia en 1950 y número de líneas de cada una de ellas.

<b>Tipo de maíz</b>	<b>Variedad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Nº de líneas</b>
Amarillo liso	25	Lizárgarate	8
“ “	90	La Creu	8
“ “	91	Margrau	5
“ “	23	Elgueta	10
“ “	Ch	Chantada	2
“ “	24	Azcoitia	16
“ “	92	Sabater	4
“ “	16925		6
“ “	104	Manalta	2
“ “	170	Extra Early (Henderson)	6
“ “	36	Extra Early (Henderson)	5
“ “	42	Mammoth (Harris)	8
“ “	47	Canada Flint	10
“ “	39	Golden Nugget	10
“ “	H-3		3
“ “	40	Longfellow (Marshall)	21
“ “	175	Longfellow (Salzer)	2
“ “	97	Golden Nugget	2
“ “	3325		4
Amarillo dentado	93	Rojo vinoso	3
“ “	62	Maíz alto de León	4
“ “	33	Early Golden Orange Dent	16
“ “	69	Carpmsmeyer Silo	10
“ “	70	Wisconsin 25	5
“ “	72	Minnesota No. 13	5
“ “	75	Colorado 13	9
“ “	74	Jacques 110 days	3
“ “	76	X	11
“ “	94	Astur	4
“ “	77	Jacques 100 days	8
“ “	78	Jacques 90 days	4
“ “	79	Wisconsin 8	15
“ “	85	Golden King	15
“ “	86	Jacques 105 days	15

“ “	88	Lancaster Surecrop	6
“ “	99	Cáceres	4
“ “	105	Barreiros	2
Blanco liso	100 bl.		4
“ “	42 bl.		5
“ “	179	Sanford White	12
“ “	222	Semillas bl. de espigas am. largas	11
“ “	38	White Flint	25
“ “	39 bl.		2
Blanco dentado	65	Rustler	11
“ “	95	Pioneer	4
“ “	62 bl.		3
“ “	33 bl.		1
“ “	70 bl.		2
“ “	79 bl.		1
“ “	85 bl		4
“ “	35	Wood's Northern White Dent	13
“ “	45	Burr White	2
“ “	98	Ribeiro blanco	8
Totales	53		379

A partir de los años setenta del siglo pasado se han llevado a cabo numerosas recogidas por toda España (Alvarez y Lasa, 1987a, 1987b, 1990a, 1990b; Llauradó y Moreno González, 1993; Llauradó et al., 1993; Ordás et al., 1987, 1994; Ruiz de Galarreta y Alvarez, 1990). Como consecuencia de todo ello se dispone de una amplísima representación de las anti-guas variedades de polinización libre. El problema que existe es que hay demasiadas muestras conservadas en los distintos centros que han realizado recolecciones: Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) (Xunta de Galicia), Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT) (Cabildo de Tenerife), Neiker-Tecnalia en Arkaute-Álava (NEIKER) (Gobierno Vasco) y Estación Experimental de Aula Dei en Zaragoza (EEAD) y MBG, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Los tres centros citados en último lugar en el párrafo anterior han comenzado un proceso de racionalización de su germoplasma. Por ello se acometió la puesta en común de las tres colecciones para racionalizar la enorme cantidad de variedades existentes entre los tres centros: nada menos que 988. El primer paso consistió en la realización de un inventario común para detectar duplicaciones y se ha propuesto un formato similar de código para los

tres centros. Esta ordenación del material ha permitido detectar algunas duplicaciones y, sobre todo, comprobar lo irracional de la situación actual. Como ejemplo, baste decir que de la provincia de Guipúzcoa hay 393 variedades sin contar las muestras guipuzcoanas incluidas en las razas. En esta provincia hay 5.330 ha de tierra cultivable, de las que se dedican a maíz (grano y forrajero) 342 ha según el Anuario de Estadística 2014 (MAGRAMA, 2015). Esto nos da 1,15 variedades por hectárea, algo completamente absurdo. Suponiendo que en el pasado, cuando las variedades de polinización libre eran lo habitual, se cultivara cuatro o cinco veces más maíz, siguen saliendo unas cifras absurdas. Hace unos años, en el marco de un programa de la Unión Europea (en el que participaron por parte española el CIAM, la EEAD y la MBG), se procedió a la creación de una colección nuclear europea de maíz, que comprendía a los países que en aquel momento constituían la Unión Europea y que disponían de colecciones, es decir Alemania, España, Francia, Grecia, Italia y Portugal (Gouesnard et al., 2005). Hecho el inventario del germoplasma existente, se constató la existencia de 2.899 variedades conservadas (y documentadas entonces) en los bancos de germoplasma de esos países. En un primer paso se formó una colección representativa de 395 variedades y, a partir de ella y empleando datos fenotípicos y moleculares, se constituyó una colección nuclear de 96 variedades, en la que figuran 24 variedades españolas: 6 de la EEAD, 10 de la MBG y 8 del CIAM (Tabla 3). Esta primera colección puede servir de base para una futura colección nuclear española más grande, quizás con 50 o 60 variedades, que debe ser suficiente para representar adecuadamente la variabilidad existente en el germoplasma español de maíz.

**Tabla 3.** Variedades españolas de maíz que forman parte de la colección nuclear europea.

Centro <sup>1</sup>	Nombre	Lugar	Provincia	Región
EEAD		Hazas de Sobas	Santander	Cantabria
EEAD		Arredondo	Santander	Cantabria
EEAD		Trascastro	Oviedo	Asturias
EEAD		Villanueva del Arz.	Jaén	Andalucía
EEAD		Guetaria	Guipúzcoa	País Vasco
EEAD		Lazkano	Guipúzcoa	País Vasco
MBG	E.levantino x Hembrilla <sup>2</sup>	N/A	N/A	Levante
MBG	Rastrojero <sup>2</sup>	N/A	N/A	Aragón, Levante
MBG	Tremesino <sup>2</sup>	N/A	N/A	Andalucía
MBG	Norteño largo <sup>2</sup>	N/A	N/A	Norte
MBG	Tuy	Tuy	Pontevedra	Galicia
MBG	Viana	Viana	Ourense	Galicia
MBG	Sajambre	Sajambre	León	León

MBG	Basto x Blanco <sup>2,3</sup>	Carmona	Sevilla	Andalucía
MBG	Blanco <sup>2</sup>	N/A	N/A	Levante
MBG	Fino x Tremesino <sup>2,3</sup>	Torrox	Málaga	Andalucía
CIAM		Aranga, Cima	A Coruña	Galicia
CIAM		Teo, Cacheiras	A Coruña	Galicia
CIAM		Carnota, Lira	A Coruña	Galicia
CIAM		Ataún	Guipúzcoa	País Vasco
CIAM		Gamiz-Fika	Vizcaya	País Vasco
CIAM		Gernika	Vizcaya	País Vasco
CIAM		Ponteareas, Lagarín	Pontevedra	Galicia
CIAM		Forcarei, Acibeiro	Pontevedra	Galicia

1: EEAD: Estación Experimental de Aula Dei; MBG: Misión Biológica de Galicia; CIAM: Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo.

2: Raza española (Sánchez-Monge, 1962).

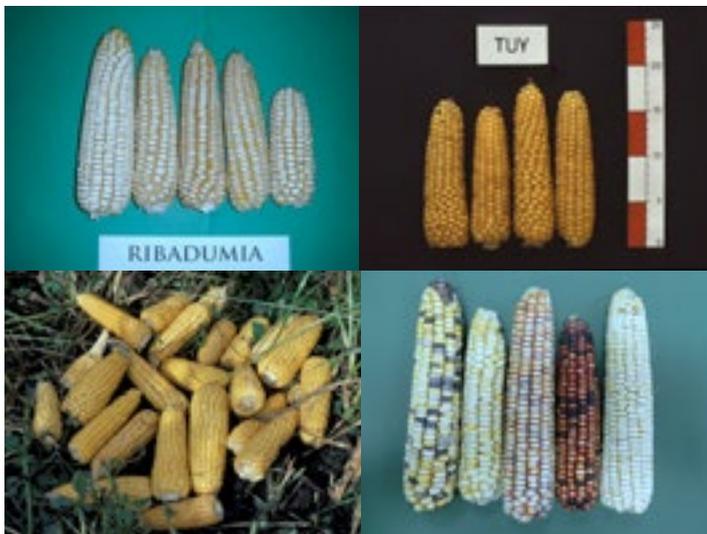
3: Raza monovarietal.

#### 8.3.4. Las variedades españolas

A finales de los años 80 del siglo pasado se llevaron a cabo en la MBG dos estudios de las variedades españolas (Ordás et al, 1994). Uno de los estudios se centró en las variedades gallegas y en el otro se incluyeron, además, variedades locales de la Península y Baleares, excluyendo las poblaciones canarias por el problema de adaptación al fotoperiodo. La razón de haber dedicado un estudio exclusivamente a las variedades gallegas se debe a que esta región es históricamente la más importante para el cultivo del maíz antes de la difusión del cultivo de los híbridos y la mecanización del cultivo, aspecto este último muy difícil de introducir en la mayoría de explotaciones gallegas por su minifundismo. Aparte de eso, el maíz gallego está adaptado al cultivo sin riego, lo que no ocurre con el resto de las regiones españolas, salvo en la cornisa cantábrica. En Galicia, el maíz se introdujo por los puertos de las Rías Bajas a partir de 1630 (Pérez García, 1981). Como resultado de estos trabajos se deduce lo siguiente:

En la Península y Baleares no se han encontrado variedades dulces ni harinosas. El maíz peninsular se puede dividir en dos grandes grupos: maíz de secano, propio de las zonas húmedas (Galicia y cornisa cantábrica), y maíz de regadío, propio del resto de la Península, siendo las principales zonas maiceras el Valle del Ebro, Levante, los regadíos del Tajo y Andalucía. El maíz balear es similar al peninsular. Hay que tener en cuenta que el maíz se cultiva en todas las provincias españolas, peninsulares e insulares. Por ello las variedades locales que se cultivaban (y que aún se siguen cultivando, aunque en pequeña proporción, en algunas zonas) son muy diversas. Sin embargo, hay unos tipos de maíz más extendidos que, a continuación, se resumen.

En Galicia había tres tipos fundamentales de maíz (Figura 1). En la costa, el maíz se convirtió en el cereal panificable, por su capacidad de producir pan que los marineros podían llevar en los barcos sin perder sus cualidades durante bastante tiempo. Por ello, las variedades de la costa gallega son blancas ya que los carotenos presentes en el maíz amarillo dan un sabor desagradable al panificar. En la penillanura que comprende la mayoría de las provincias de Pontevedra y A Coruña se cultivaba centeno para hacer el pan. El maíz era fundamentalmente pienso para el ganado y en este caso las variedades amarillas son ventajosas. En las tierras altas del interior, fundamentalmente en Lugo y Ourense, el ciclo vegetativo es más corto, por lo que las variedades tienen que ser más precoces. Además, los otoños son más secos que en las provincias atlánticas por lo que el zuro puede ser más grueso y así soportar más filas de grano. Este esquema general tiene numerosas excepciones ya que es frecuente encontrar variedades de otros tipos, por ejemplo multicolores, en zonas de maíz blanco o amarillo.



**Figura 1.** Algunas poblaciones sometidas a un programa de selección recurrente: A) Típica variedad blanca cultivada en la costa de las Rías Bajas, población recogida en Ribadumia (Pontevedra), B) Variedad propia de la comarca de Tuy, en la ribera del Miño, representativa del maíz de la penillanura atlántica de Galicia, C) Mazorcas de la población 'Viana', colectada en el municipio orensano de Viana do Bolo, y D) Variedad multicolor cultivada en el municipio de Cambados (Pontevedra).

Fuera de Galicia, en la zona húmeda de España, las variedades son generalmente similares a la representada en la Figura 1B, aunque las vascas tienden a ser algo más cónicas, debido, como se indicó anteriormente, a que su introducción desde América tuvo probablemente un origen distinto.

En el Valle del Ebro abundaban las variedades del tipo “Hembrilla”, caracterizadas por su talla alta, mazorcas de ocho filas y un grano muy típico, estrecho, muy ancho y muy largo, con coloración amarilla, aunque, a veces, el endospermo es blanco. Similares, pero más precoces, eran las variedades rastrojeras, como la representada en la Figura 2.



**Figura 2.** Típicas mazorcas de la raza ‘Rastrojero’, maíz precoz propio del Valle del Ebro.

En Andalucía se cultivaban unas variedades muy tardías, de color amarillo, y también, al igual que en el Valle del Ebro, otras mucho más precoces: los maíces tremesinos (Figura 3).



**Figura 3.** Raza ‘Tremesino’. Maíz precoz de la zona Sur de España.

Levante era la zona en la que, junto con la costa gallega, más se cultivaban variedades blancas. Eran también muy típicos los maíces de tipo “Mollar”, más precoces que las variedades normales, y con grano, de modo similar a aquéllas, de color amarillo o blanco (Figura 4).



**Figura 4.** Mazorcas típicas de las variedades mollares del Levante español (raza ‘Enano levantino x Hembrilla’).

En lo que se refiere al maíz de palomitas hay básicamente dos tipos (Figura 5): unas variedades son uniformemente amarillas, mientras que otras presentan grano multicolor, no exis-

tiendo un patrón geográfico de distribución de un tipo o el otro. En lo que se refiere al tipo de grano, la mayoría de las variedades son de grano redondo (perla), aunque hay poblaciones en las que aparecen algunas mazorcas con grano aristado (arroz).

El maíz canario debe ser estudiado a fondo. Es muy distinto al de la Península y Baleares, y presenta un gran interés para los mejoradores ya que puede ser una fuente de genes ausentes en esas zonas. Este trabajo debe hacerse en las propias islas ya que Pontevedra, a una latitud de 42°26'N, no es un lugar apropiado para estudiar adecuadamente un material que procede de unas latitudes muy inferiores (las Islas Canarias se encuentran situadas entre los paralelos 27°37'N y 29°25'N).

En la MBG se conservan cuatro poblaciones canarias (dos de Tenerife y una de cada una de las islas de Gran Canaria y Fuerteventura) proporcionadas por el CCBAT que pueden ser multiplicadas en Pontevedra, pero con grandes dificultades; además, debido a la sensibilidad al fotoperiodo, la expresión de los caracteres de estas variedades en tierras gallegas es muy distinta a la que presentan en Canarias.



**Figura 5.** Variedades de maíz de palomitas: A) Variedad de maíz amarillo de grano redondo (perla) recogido en Peñaflo (Zaragoza), y B) Maíz de palomitas multicolor cultivado en Sangonera la Seca (Murcia). La mazorca central presenta granos aristados (arroz).

#### 8.4. Uso de las variedades locales

Hay que partir del hecho de que las variedades autóctonas apenas se cultivan hoy en día en áreas de agricultura avanzada. Actualmente, en todo el mundo desarrollado el tipo de variedad comúnmente usado es el híbrido simple. Las variedades locales quedan restringidas a zonas de agricultura de subsistencia o agricultores que, por una causa u otra, quieren disponer de su propia semilla y no depender de las compañías de semillas. Pero la diferencia de productividad entre una variedad local y un híbrido simple es tan grande que las primeras van cediendo espacio a los segundos de forma continua. Y lo mismo ha ocurrido en España.

Únicamente 10.556 ha se sembraron con maíz no híbrido en 2013 según los datos del Anuario de Estadística 2014 (MAGRAMA, 2015), es decir menos del 2% de la superficie total dedicada al maíz. Las variedades autóctonas han servido de base para numerosos trabajos de caracterización y de búsqueda de resistencia a estreses cuya enumeración sería demasiado larga. Estas variedades también se han empleado en programas de selección recurrente y para la extracción de líneas puras con las que formar híbridos.

#### **8.4.1. Programas de selección recurrente.**

En la Misión Biológica de Galicia se comenzó en 1974 un programa de selección recurrente recíproca. El primer paso para ello consistió en la búsqueda de las dos poblaciones base. Se eligieron poblaciones americanas y razas españolas. El muestreo del material americano se circunscribió al Norte del Corn Belt por ser éste el mejor adaptado a las condiciones de Galicia. Por parte española se escogieron cinco razas (Sánchez-Monge, 1962). Con estas nueve poblaciones se planteó un dialelo que se ensayó durante tres años en Pontevedra y Alcalá de Henares. Se tomaron numerosos datos, si bien para la clasificación taxonómica se empleó únicamente el rendimiento. Tras el estudio de los resultados obtenidos, se formaron las poblaciones base del programa de selección con únicamente germoplasma español buscando nuevos esquemas heteróticos. El patrón heterótico empleado es «germoplasma español del Norte x germoplasma español del Sur» (Ordás, 1991). Antes de comenzar la selección recíproca, dichas poblaciones fueron sometidas a tres ciclos de selección recurrente de líneas  $S_1$  para el rendimiento, carácter que mejoró significativamente con la selección (Vales et al., 2001). A continuación se comenzó un programa de selección recurrente interpoblacional de hermanos completos, siguiendo el método de Hallauer (1973) para poblaciones no prolíficas. La evaluación de los tres primeros ciclos de selección mostró una notable ganancia en el comportamiento del híbrido interpoblacional (4,1%/ciclo) y en el de la población del Norte (6,7%/ciclo), mientras que la población del Sur no respondió a la selección (Romay et al., 2011). En la actualidad se está completando el sexto ciclo de selección. En la EEAD se llevó a cabo un esquema similar usando el patrón heterótico «germoplasma del Corn Belt x germoplasma español del Sur», entendiéndose por «germoplasma español del Sur», al igual que en el caso de la MBG, germoplasma de la zona seca de España. La evaluación de los tres primeros ciclos de selección mediante el método de Hallauer mencionado en el párrafo anterior mostró un aumento significativo del rendimiento en los cruzamientos entre las poblaciones seleccionadas (3%/ciclo) así como en los cruzamientos de las poblaciones con probadores de distinto origen (Peña-Asín et al., 2013). Finalmente se ha completado el cuarto ciclo de selección.

La población EPS7, tras tres ciclos de selección recurrente intrapoblacional, fue sometida en la MBG a un programa de selección para reducir la longitud de los túneles en el tallo producidos por el taladro mediterráneo (*Sesamia nonagrioides* Lef.) manteniendo la productividad. Un estudio con esta población confirmó que hay una correlación genética desfavorable entre

la longitud de los túneles en el tallo y el rendimiento, lo que puede dificultar el programa de mejora. Los resultados obtenidos indican que lo más conveniente es mejorar el rendimiento, no teniendo en cuenta la longitud de las galerías causadas por el taladro mediterráneo (Butrón et al., 2012).

Otro programa de selección recurrente se ha llevado a cabo en la MBG con variedades gallegas. Se eligieron cuatro poblaciones: una amarilla tardía ('Tuy'), una amarilla precoz ('Viana'), una blanca tardía ('Ribadumia') y, finalmente, una blanca precoz ('Rebordanes'). Estas cuatro poblaciones fueron sometidas a un esquema de selección recurrente de líneas  $S_1$  para mejorar el rendimiento. Se han terminado ya tres ciclos de selección y se ha constatado una respuesta positiva (datos sin publicar).

En la MBG y en NEIKER se organizó también un programa de mejora de la calidad harinera de las variedades locales. En la MBG el primer paso consistió en la evaluación de una colección de variedades autóctonas en condiciones de agricultura ecológica (Revilla et al., 2008). Las mejores variedades resultaron ser 'Tuy', 'Sarreaus' (precoz de grano amarillo), 'Meiro' (tardía de grano negro) y 'Rebordanes'. Posteriormente se organizó un programa de selección recurrente para mejorar la calidad harinera y el rendimiento de grano de las tres últimas ya que 'Tuy' ya estaba seleccionada en el programa mencionado en el párrafo anterior y su calidad harinera era elevada. La evaluación de este programa (Revilla et al., 2012) mostró, entre otros resultados, que las poblaciones incluidas en el estudio fueron significativamente diferentes en calidad del grano, en tanto que las variaciones en el rendimiento se debían principalmente a efectos ambientales. En NEIKER se mejoró, mediante un esquema similar al de la MBG, la variedad 'Donostia'.

Un grave problema de la harina de maíz para consumo humano es la posible presencia de micotoxinas y deoxynivalenol (DON), productos altamente tóxicos para aves y mamíferos. Con este objetivo se planteó una evaluación de la presencia de estos productos en el grano (Ruiz de Galarreta et al., 2015). Esta evaluación incluyó nueve variedades de la MBG y de NEIKER, cultivadas en condiciones ecológicas y convencionales. Se incluyeron poblaciones obtenidas en los programas de selección mencionados anteriormente. No se encontraron diferencias entre la contaminación por fumonisinas entre el cultivo convencional o el ecológico, aunque sí entre las diferentes variedades; en cambio, no hubo diferencias entre variedades para el contenido de DON.

Finalmente, se evaluó el comportamiento agronómico y la calidad del grano en condiciones de agricultura ecológica de 20 poblaciones, que incluían, entre otras, variedades resultantes de los programas de selección recurrente de 'Donostia', 'Meiro', 'Rebordanes', 'Sarreaus' y 'Tuy' (Revilla et al., 2015). Los resultados obtenidos demuestran que es posible obtener una respuesta positiva a la selección para los caracteres mencionados en alguna población, pero esta respuesta positiva dista mucho de ser general.

### 8.4.2. Obtención de híbridos

Las líneas puras de maíz obtenidas en España se identifican con las letras EC (las obtenidas en el CIAM), EP (las de la MBG), EZ (las de la EEAD) y EV (las de Neiker), seguidas de un número identificativo de orden. A finales de la década de los 50 del siglo pasado la MBG desarrolló tres híbridos de tallo azucarado (DMB 5-8, DMB 7-14 y DMB 11-4) que tuvieron alguna difusión especialmente el primero, muy cultivado en Galicia en los años 60-70. Su fórmula era: (EP5 × EP2) (EP3 × EP4). La línea EP5 es una selección de la línea R86 de Illinois, la EP2 fue obtenida a partir de la variedad 'Maíz alto de León' y las líneas EP3 y EP4 proceden de la variedad 'Longfellow'. Posteriormente, en los años 80 se obtuvo el híbrido de tres líneas DMB 15-70, mediante un trabajo de colaboración entre la MBG y DeKalb AgResearch, y que incluía la línea EP42 (obtenida a partir de una variedad local gallega) y un híbrido simple propiedad de la empresa. El híbrido DMB 15-70 se cultivó extensamente en Galicia durante bastantes años.

De los híbridos obtenidos en el CIAM, destacan, entre otros, los denominados Hórreo 330 y Dominó 450. La fórmula del primero es (A632 × W117) EC21 y la del segundo A632 × EC22. A632 y W117 son líneas puras públicas norteamericanas; EC21 fue obtenida a partir de la raza 'Gallego' y EC22 a partir de una variedad local gallega. Estos híbridos tuvieron también bastante difusión en Galicia en los años 80-90.

## 8.5. El futuro de las variedades locales

Se ha argumentado que si el esfuerzo dedicado a la investigación para la obtención de híbridos productivos se hubiese destinado a la mejora de las variedades locales, ahora tendríamos variedades que serían competitivas frente a los híbridos. La evaluación de tres ciclos de selección recurrente recíproca en las poblaciones EPS13 y EPS14 (derivadas de las poblaciones EPS6 y EPS7 mencionadas anteriormente) mostró que el rendimiento del cruzamiento entre las poblaciones resultantes del tercer ciclo de selección era de 8,8 t/ha, superior al de algunos híbridos testigos antiguos, aunque inferior al rendimiento de híbridos modernos, si bien no muy alejado (Romay et al., 2011), lo que corrobora en cierto grado lo expuesto en la frase anterior. Por otra parte, la producción de un híbrido varietal es mucho más fácil que la de un híbrido entre dos líneas puras, por lo que el precio de la semilla puede ser mucho menor. En este programa de selección, los rendimientos *per se* de las variedades mejoradas son bastante inferiores a los de los híbridos, aunque la población adaptada (EPS13) tiene unas producciones que rondan (e incluso superan en algún caso) las 7 t/ha, no difiriendo significativamente del rendimiento de algunos híbridos testigos antiguos, aunque sí son menores que los de los híbridos testigos modernos. Por otra parte hay que tener en cuenta que el número de familias recombinadas en cada ciclo de selección fue pequeño: solo 10. Mediante microsatélites se encontraron unos censos efectivos de 7,70 y 11,99 individuos para las poblaciones resultantes del tercer ciclo de selección recurrente recíproca

de EPS13 y EPS14, respectivamente. El número de alelos por locus decreció desde 4,25 y 4,26 en las poblaciones originales (EPS6 y EPS7) hasta 2,74 y 2,64 (Romay et al., 2012). Así pues, hay una deriva genética y, consecuentemente, un aumento de la consanguinidad con la selección, lo cual reduce el rendimiento de las poblaciones finales. No es, por lo tanto, descabellado pensar que un programa de selección con censos efectivos mayores podría dar lugar a poblaciones con rendimientos cercanos o iguales a los de los híbridos convencionales.

## 8.6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Secretaría de Estado de Investigación (proyecto RF2011-00022-C02-01) y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (proyecto RF2013-00010-00-00).

## 8.7. Referencias

- Alvarez A, Lasa JM. 1987a. Asturian populations of maize. I. Morphological-vegetative description and variability. *An Aula Dei* 18: 177–186.
- Alvarez A, Lasa JM. 1987b. Asturian populations of maize. II. Numerical taxonomy based on quantitative traits. *An Aula Dei* 18: 187–197.
- Alvarez A, Lasa JM. 1990a. Populations of maize from Cantabria. I. Morphological evaluation and variability. *An Aula Dei* 20: 41–49.
- Alvarez A, Lasa JM. 1990b. Populations of maize from Cantabria. II. Numerical taxonomy based on quantitative traits. *An. Aula Dei* 20: 51–58.
- Andersson E, Brown WL. 1952. Origin of Corn Belt maize and its genetic significance. pp 124–148. En JW Gowen (ed.) *Heterosis*. The Iowa State College Press y Hafner Publishing Co., Nueva York, ee.uu.
- Andersson E, Cutler HC. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 29: 69–89.
- Bennetzen J, Buckler E, Chander V, Doebley J, Dorweiler J, Brandon G, Freeling M, Hake S, Kellog E, Scott-Poethig R, Walbot V, Wessler S. 2001. Genetic evidence and the origin of maize. *Latin Am. Antiq.* 12: 84–86.
- Bird RMcK, Goodman MM. 1977. The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. *Econ Bot* 31: 471–481.
- Butrón A, Romay MC, Peña-Asín J, Alvarez A, Malvar RA. 2012. Genetic relationship between maize resistance to corn borer attack and yield. *Crop Sci* 52:1176–1180.
- Crabb AR. 1947. *The hybrid corn makers: Prophets of plenty*. Rutgers University Press, EE.UU.
- De la Sota, D., Areses, R., Gallástegui, C. 1930. *Misión Biológica de Galicia: Resumen de los trabajos realizados durante el año 1929*. Servicio de Publicaciones Agrícolas del Ministerio de Economía Nacional, Madrid.

- Doebley J. 1990. Molecular evidence and the evolution of maize. *Econ. Bot.* 44 (3 suppl): 6–27.
- Doebley J. 2004. The genetics of maize evolution. *Annu. Rev. Genet.* 38: 37–59.
- FAO, 2014. <http://faostat3.fao.org/Q/QC/S>.
- Goodman MM. 1967. The races of maize: I. The use of Mahalanobis' distances to measure morphological similarity. *Fitotecnia Latinoamericana* 4: 1–22.
- Goodman MM. 1968. The races of maize: II. Use of multivariate analysis of variance to measure morphological similarity. *Crop Sci* 8:693–698.
- Goodman MM, Bird RMcK. 1977. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin American races. *Econ Bot* 2:204–221.
- Goodman MM, Brown WL. 1988. Races of corn. En: Sprague GF, Dudley JW (eds.) *Corn and corn improvement*, 3<sup>a</sup> ed. *Agronomy* 18:33–79.
- Goodman MM, Paterniani E. 1969. The races of maize: III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Econ Bot* 23:265–273.
- Gouesnard B, Dallard J, Bertin, P, Boyat A, Charcosset A. 2005. European maize landraces: genetic diversity, core collection definition and methodology of use. *Maydica* 50: 225–234.
- Hallauer AR. 1973. Hybrid development and population improvement in maize by reciprocal full-sib selection. *Egypt J Genet Cytol* 2: 84-101.
- Iltis HH, Doebley JF. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Amer J Bot* 67: 994–1004.
- Hayes HK. 1963. A Professor's story of hybrid corn. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minnesota, EE.UU.
- Llauradó M, Moreno-González J. 1993. Classification of Northern Spanish populations of maize. I. Morphological data. *Maydica* 38: 15–21.
- Llauradó M, Moreno-González J, Arús P. 1993. Classification of Northern Spanish populations of maize. II. Isozyme variation. *Maydica* 38:249–258.
- MAGRAMA, 2015. Anuario de estadística 2014. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- Mangelsdorf PC. 1974. Corn, its origin, evolution, and improvement. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachussets, EE.UU.
- Ordás A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. *Crop Sci.* 31: 931–935.
- Ordás A. 1993. Perspectiva histórica de los maíces híbridos en Galicia. pp 189–195. En MA Barrecheguren, M Cabrero, J Collar, J Moreno, G Santaolalla, J Zea (eds.). 100 años de investigación agraria 1888–1988. Vol. II. Xunta de Galicia, España.
- Ordás A, Malvar RA, Ron AM de. 1987. Heritability of several traits in an early population of maize. *An. Aula Dei* 18: 171–176.
- Ordás A, Malvar RA, Ron AM de. 1994. Relationships among American and Spanish populations of maize. *Euphytica* 79: 149–161.
- Peña-Asín J, Álvarez A, Ordás A, Ordás B. 2013. Evaluation of three cycles of full-sib

- reciprocal recurrente selection in two maize populations from the Northeast of Spain. *Euphytica* 191: 301–310.
- Pérez García JM. 1981. Aproximación al estudio de la penetración del maíz en Galicia. En Eiras Roel A (eds.). *La historia social de Galicia en sus fuentes de protocolos*. Universidad de Santiago de Compostela.
  - Rebourg C, Chastanet M, Gouesnard B, Welcker C, Dubreuil P, Charcosset A. 2003. Maize introduction into Europe: the history reviewed in the light of molecular data. *Theor. Appl. Genet.* 106: 895–903.
  - Revilla P, Soengas P, Malvar RA, Cartea ME, Ordás A. 1998. Isozyme variation and historical relationships among the maize races of Spain. *Maydica* 43: 175–182.
  - Revilla P, Soengas P, Cartea ME, Malvar RA, Ordás A. 2003. Isozyme variability among European maize populations and the introduction of maize on Europe. *Maydica* 48: 141–152.
  - Revilla P, Ruiz de Galarreta JI, Malvar RA, Landa A, Ordás A. 2015. Breeding maize for traditional and organic agriculture. *Euphytica* 205: 219–230.
  - Rodríguez VM, Romay MC, Ordás P, Revilla P. 2010. Evaluation of European maize (*Zea mays* L.) germplasm under cold conditions. *Genet. Resour. Crop Evol.* 57: 329–335.
  - Ruiz de Galarreta JI, Alvarez A. 1990. Guipuzcoan populations of maize. I. Morphological evaluation and correlation between quantitative traits. *An Aula Dei* 20: 27–39.
  - Ruiz de Galarreta JI, Butrón A, Ortiz-Barredo A, Malvar RA, Ordás A, Landa A, Revilla P. 2015. Mycotoxins in maize grains grown in organic and conventional agriculture. *Food Control* 52: 98–102.
  - Sánchez JJ, Goodman MM. 1992. Relationships among Mexican and some North American and South American races of maize. *Maydica* 37:41–51.
  - Sánchez JJ, Goodman MM, Rawlings JO. 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Econ Bot* 47: 44–59.
  - Sánchez-Monge E. 1962. *Razas de maíz en España*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
  - Sturtevant EL. 1899. *Varieties of corn*. USDA Office of Exp. Stn. Bull. 57. U.S. Gov. Print. Offic, Washington, DC, EE.UU.
  - Tenaillon MI, Charcosset A. 2011. A European perspective on maize history. *C. R. Biologies* 334: 221–228.
  - Troyer AF. 1999. Background of U.S. hybrid corn. *Crop Sci.* 39: 601–626.
  - Troyer AF. 2001. Temperate corn – Background, behavior, and breeding. pp. 393–466. En AR Hallauer (ed.) *Specialty corns*, 2<sup>a</sup> ed. crc Press, EE.UU.
  - Troyer AF. 2004. Background of u.s. hybrid corn II: Breeding, climate, and food. *Crop Sci.* 44: 370–380.
  - Troyer AF. 2007. Background and importance of ‘Minnesota 13’ corn. *Crop Sci.* 47: 905–914.
  - Troyer AF, Mikel MA. 2010. Minnesota corn breeding history: Department of Agronomy & Plant Genetics Centennial. *Crop Sci.* 50: 1141–1150.

- Troyer AF, Palmer LS. 2006. Background and importance of Troyer Reid Corn. *Crop Sci.* 46: 2460–2467.
- Vales MI, Malvar RA, Revilla P, Ordás A. 2001. Recurrent selection for grain yield in two Spanish maize synthetic populations. *Crop Sci.* 41:15–19.
- Romay MC, Ordás B, Revilla P, Ordás A. 2011. Three cycles of full-sib reciprocal recurrent selection in two Spanish maize populations. *Crop Sci.* 51:1016–1022.
- Romay MC, Butrón A, Ordás A, Revilla P, Ordás B. 2012. Effect of recurrent selection on the genetic structure of two broad-based Spanish maize populations. *Crop Sci.* 52: 1493–1502.
- Wallace HA, Brown WL. 1956. *Corn and its early fathers*. Michigan State Univ. Press, East Lansing, Michigan, EE.UU.
- Wellhausen EJ, Roberts L, Hernández XE. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto Técnico, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Ciudad de México, México.
- Wilkes G. 2004. Corn, strange and marvelous: But is a definitive origin known? pp. 3–63. En CW Smith, J Betrán, ECA Runge (eds.) *Corn: Origin, history, technology, and production*. Wiley.

## 9. Judía

---

**Antonio M. De Ron<sup>1,3\*</sup>, Marta Santalla<sup>1,3</sup>, A. Paula Rodiño<sup>1</sup>, Ana M. González<sup>1</sup>, Luis Godoy<sup>1</sup>, J. Pedro Mansilla<sup>2,3</sup> y Matthew Blair<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Biología de Agrosistemas, Misión Biológica de Galicia-CSIC. Pontevedra, España.

<sup>2</sup> Estación Fitopatológica do Areeiro, Diputación de Pontevedra. Pontevedra, España.

<sup>3</sup> Sistemas Agroforestales (Estación Fitopatológica de Areeiro de la Diputación de Pontevedra), Unidad Asociada a la Misión Biológica de Galicia (CSIC).

<sup>4</sup> Department of Agricultural and Environmental Sciences, Tennessee State University. Nashville, USA.

\* amderon@mbg.csic.es

**9.1. Introducción: origen y evolución de la judía**

**9.2. Principales variedades locales**

**9.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

**9.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

**9.5. Recuperación de variedades locales y su uso en programas de mejora:  
logros y perspectivas**

**9.6. Agradecimientos**

**9.7. Referencias**

## 9.1. Introducción: origen y evolución de la judía

Desde finales del siglo XV, la llegada de los europeos al continente americano supuso la entrada en Europa de diferentes especies vegetales cultivadas, entre las que pueden destacarse la judía común (*Phaseolus vulgaris* L.), el cacahuete (*Arachis hypogaea* L.), el cacao (*Theobroma cacao* L.), el maíz (*Zea mays* L.), la patata (*Solanum tuberosum* L.) o el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), desconocidas hasta entonces en el Viejo Mundo.

La posición taxonómica de la judía es la siguiente (Sitte et al., 2004):

Clase: *Dicotyledoneae*

Subclase: *Rosidae*

Superorden: *Fabanae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Subfamilia: *Papilionoideae*

Tribu: *Phaseoleae*

Subtribu: *Phaseolinae*

Género: *Phaseolus*

Freytag y Debouck (2002) describieron más de 400 especies del género *Phaseolus*, de las cuales únicamente cinco han sido domesticadas y se cultivan actualmente: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L. (judía de Lima), *P. coccineus* L. (judía escarlata), *P. polyanthus* Greenman, que guarda gran semejanza con la anterior, y *P. acutifolius* A. Gray (judía tépari), siendo *P. vulgaris* la especie más importante en el mundo ocupando un 80% de la superficie actualmente cultivada de *Phaseolus* (Singh 1992; 1999).

Dentro del género *Phaseolus* existen diferentes grupos naturales o acervos genéticos (Gepts y Debouck 1991). El acervo genético primario de la judía común incluye las variedades silvestres y cultivadas de *P. vulgaris*, que pueden cruzarse entre ellas y, por tanto, recombinarse sin barreras genéticas relevantes. El acervo secundario de dicha especie incluye a *P. coccineus*, *P. costaricensis* y *P. polyanthus* (Freytag y Debouck 1996; Debouck 1999), que se supone que proceden de un proceso de domesticación a partir de un ancestro silvestre diferente (Schmit y Debouck 1991). La hibridación entre *P. vulgaris* y las especies del acervo secundario se realiza fácilmente sin rescate de embriones, si bien el cruzamiento utilizando *P. coccineus* como parental femenino requiere de dicha técnica. El acervo genético terciario incluye a *P. acutifolius* y *P. parvifolius*, la primera especie de éstas siendo mayormente cultivada y la segunda silvestre, pero en ambos casos las hibridaciones con *P. vulgaris* implicarían técnicas "in vitro" (Muñoz et al. 2004). La especie más lejana de *P. vulgaris* es *P. lunatus*, que pertenece al acervo genético cuaternario, y hasta el momento no se han do-

cumentado cruzamientos exitosos entre estas dos especies (Leonard *et al.* 1987; Kuboyama *et al.* 1991).

A finales del siglo XIX se determinó el origen americano de la judía común de acuerdo con datos arqueológicos, botánicos, históricos y lingüísticos, Gepts y Debouck (1991) mostrándose que se originó en el área comprendida entre el norte de México y el noreste de Argentina. Existen multitud de restos arqueológicos principalmente de semillas, fragmentos de vainas e incluso plantas enteras (Kaplan 1981), hallados en los Andes (Perú, Chile, Ecuador y Argentina), en Mesoamérica (México, América Central y sureste de Estados Unidos) y Norteamérica (Nueva York). En la actualidad los restos más antiguos datan de 10000-8000 años a. C. procedentes de la zona central-sur de los Andes y de 6000 años a. C. procedentes de varios puntos en Mesoamérica. Todos estos restos son de plantas ya domesticadas y fenotípicamente similares a las variedades actuales cultivadas en las zonas mencionadas.

Existe una laguna en cuanto a datos arqueológicos en la transición de formas silvestres a cultivadas, aunque actualmente todavía existen formas silvestres y primitivas intermedias o de transición. Esto explica por qué los hallazgos de judía común empiezan a aparecer en épocas más recientes (1900-1300 años a.C.), coincidiendo con la aplicación de los incipientes métodos de selección varietal, a menudo no consciente, en la agricultura (Cubero 2003). Además de la información obtenida por los datos arqueológicos, existen datos botánicos como las características morfológicas, la distribución geográfica y las relaciones genéticas entre formas silvestres y cultivadas que evidencian el origen americano de la judía común. También hay datos históricos y lingüísticos como son las múltiples menciones en los textos españoles del siglo XVI a la judía en América, además de la existencia de un término específico para designar a la judía en muchos dialectos indígenas americanos.

Como se ha mencionado anteriormente, el origen de la judía común se sitúa en el continente americano en dos áreas geográficas bien diferenciadas (Gentry 1969; Kaplan 1981): zona Mesoamericana (México y América Central) y zona Andina (Perú, Chile y Ecuador). Evans (1973) identificó dos grupos o acervos genéticos, tanto en judías silvestres como cultivadas. Ambos grupos pueden distinguirse por marcadores morfológicos y agronómicos (tamaño de la semilla, forma de la bracteola y del foliolo, pilosidad del foliolo, etc.; Gepts y Debouck 1991; Singh *et al.* 1991a), bioquímicos (faseolina e isoenzimas; Gepts *et al.*, 1986; Singh *et al.* 1991b) y moleculares (RFLPs, RAPDs; Khairallah *et al.*, 1992; Freyre *et al.*, 1998). Los marcadores bioquímicos y moleculares presentan dos ventajas frente a los fenotípicos (morfoagronómicos): 1) son un fiel reflejo del genotipo y 2) su variación no se ve afectada por el ambiente. Además, son caracteres más complejos y las variaciones observadas son en su mayoría únicas.

La diversificación, domesticación y radiación adaptiva de la especie se produjo en las zonas Mesoamericana y Andina de manera independiente. Las poblaciones típicamente represen-

tativas de cada zona presentan marcadas diferencias fenotípicas y genotípicas. La diferencia fenotípica más destacada es el tamaño de la semilla y la forma de la bracteola. Así, el tipo de semilla pequeña ( $\leq 25$  g/100 semillas) y las bracteolas grandes y ovaladas se observan en las poblaciones Mesoamericanas y el tipo de semilla mediana o grande (20-40 g y  $\geq 40$  g/100 semillas) y con bracteolas pequeñas y triangulares en las poblaciones Andinas. La proteína de reserva, faseolina, es el marcador evolutivo que más claramente diferencia las poblaciones Mesoamericanas, con patrones electroforéticos B y S, de las Andinas, con patrones electroforéticos T, H y C (Gepts y Bliss, 1986; Koenig et al., 1990). Esta distribución paralela se puede atribuir a una domesticación múltiple y a cruzamientos ocasionales entre formas silvestres y cultivadas (Gepts y Debouck 1991). Entre los cambios surgidos durante la domesticación (Smartt 1988) pueden citarse: gigantismo, incremento del tamaño de la semilla, vaina e incluso hoja, eliminación de la dehiscencia de la vaina, evolución de las formas de crecimiento indeterminado a determinado, cambios de ciclo biológico de vida perenne a anual, pérdida de latencia de la semilla, eliminación del tegumento duro de las semillas, pérdida de sensibilidad al fotoperíodo, etc.

Las variedades de judía común actualmente cultivadas son el resultado de un proceso de domesticación y evolución (mutación, selección, migración y deriva genética) a partir de las formas silvestres (Brücher 1988) que existían pero ya están en peligro de desaparecer del continente americano. Desde su centro de origen y domesticación, las diferentes variedades de judía se difundieron a otros continentes, acumulando cambios morfológicos, fisiológicos y genéticos (Gepts y Debouck 1991) como respuesta a la adaptación a diferentes ambientes y a las exigencias humanas. El conocimiento de su origen, variación genética (Blair et al., 2012; Blair et al., 2013) evolución (Bellucci et al., 2014) y vías de diseminación (Gepts y Bliss 1988; Papa et al., 2007) constituye una información de inestimable valor que permite al mejorador un manejo más adecuado de los recursos genéticos en los programas de mejora.

## **9.2. Principales variedades locales**

Singh et al., (1991c), de acuerdo con los patrones electroforéticos mencionados anteriormente, dividieron los dos acervos o grupos de germoplasma en seis razas: Chile, Nueva Granada y Perú (germoplasma Andino) y Durango, Jalisco y Mesoamérica (germoplasma Mesoamericano). Últimamente se reconoce el parentesco de las razas Durango-Jalisco y la ocurrencia de una séptima raza, la Guatemala dentro de las judías cultivadas (Diaz et al., 2006; Blair et al., 2013). Las variedades de las razas Durango, Mesoamérica y Nueva Granada son cultivadas en todo el mundo, sin embargo, la raza Jalisco sólo se cultiva en los valles de México, la raza Chile se distribuye en las regiones secas y la raza Perú tiene una distribución limitada a los valles andino y otros ambientes montañosas de altura.

Las clases comerciales (“market classes”) de mayor importancia económica pertenecen a las tres razas mencionadas anteriormente, Durango, Mesoamérica y Nueva Granada, y se presentan en la Tabla 1. Dentro de la raza Mesoamérica, en el continente americano, pueden distinguirse regiones en las que predomina un tipo concreto de grano. Así el grano negro se cultiva principalmente en Brasil, México, Venezuela o Cuba mientras que las variedades de grano rojo pequeño son producidos en América Central. En cuanto a la raza Durango cabe destacar la variedad o clase comercial ‘great northern’ importante en Estados Unidos y Canadá y exportada a Europa, mientras que las variedades andinas de tipo rojo moteado como ‘Calima’ son importantes en Colombia, Panamá y partes del Caribe y del Este y Sur del continente africano. Entre otras variedades andinas se destacan el ‘cranberry’ de mayor importancia comercial para el medio oriente pero también importante como ‘Borlotto’ para consumidores en Italia, la Alubia blanca producida en España y Francia, y por último las Alubias rojas, tipo ‘dark red kidney’ y ‘light red kidney’ populares para el mercado del enlatado y muy usadas en las ensaladas

En Europa, Santalla *et al.* (2001), definieron 49 clases comerciales, dentro del Proyecto PHASELIEU-FAIR 3463 (1998-2001), y agruparon estas clases comerciales por el color del grano, como sigue: blanco (9), blanco-bicolor (5), crema (12), amarillo (4), marrón (5), rosa (2), rojo (6), púrpura (2) y negro (4).

### 9.3. Variedades locales conservadas en colecciones

En España existen una serie de variedades tradicionales, características de una zona o región. Estas variedades reciben diferentes nombres locales, como alubia, caparrón, faba, fréjol, feixón, garbanzo, haba, habichuela, judía, mongeta, pocha, etc. En la colección de germoplasma de Leguminosas de la Misión Biológica de Galicia (MBG) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en Pontevedra (España), se conservan numerosos tipos de variedades locales, de España, y también de otras procedencias (De Ron *et al.*, 1997; De Ron *et al.* 2011). En total hay 2071 entradas en la colección de *Phaseolus* de la MBG-CSIC, distribuidas como sigue: *P. vulgaris*: 1966, *P. coccineus*: 50, *P. acutifolius*: 49, *P. augusti*: 5 y *P. lunatus*: 1.

**Tabla 1.** Principales clases comerciales de judía común, región de producción y área cultivada (Singh, 1999).

Razas y clases comerciales	Región productora	Área (10 <sup>3</sup> ha)
<b>Raza Mesoamérica (semilla pequeña)</b>		
Negra	Argentina, Brasil, Venezuela, Caribe, Mesoamérica y Norteamérica	3500
Carioca	Brasil y Bolivia	2000
Jalinho	Brasil	500
Mulatinho	Brasil	500
Roja	Centroamérica y China	250
Blanca	África, China y Norteamérica	250
<b>Raza Durango (semilla mediana)</b>		
Bayo	Valles altos de México	800
Flor de mayo	Valles altos de México	250
Great northern	Europa, Norteamérica, oeste de Asia	700
Ojo de cabra	Valles altos de México	150
Rosa	Norteamérica	20
Pinta	Norteamérica	800
Roja	Norteamérica	30
<b>Raza Nueva Granada (semilla grande)</b>		
Alubia	Argentina, Europa, Norte de África y Oeste de Asia.	250
Azufrado	Costa del Pacífico de México y Perú	150
Calima	África, Andes y Caribe	1500
Manteca	Andes	100
Cranberry	África, Asia, Europa, Norteamérica y Sudamérica	800
Alubia roja oscura	África, Andes y Norteamérica	500
Alubia roja clara	África y Norteamérica	300
Radical	Andes	50

El hecho de que haya preferencias locales por determinados tipos de judía ha favorecido la conservación de gran parte de la variabilidad genética original de las poblaciones de judía españolas. En el Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (CRF) del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), en Alcalá de Henares (España), se conservan actualmente 3209 entradas de *P. vulgaris*, 108 de *P. coccineus* y 30 de *P. lunatus*

(<http://wwwx.inia.es/coleccionescrf/PasaporteCRF.asp>). Desde 1995 diversas instituciones españolas están colaborando con el CRF-INIA para la multiplicación y caracterización de estas colecciones (De la Rosa et al., 2008, De Ron et al., 2016), y asimismo para el establecimiento de una colección nuclear, que se creó en el 2000 con 211 variedades.

Respecto a las principales colecciones europeas, en el marco del ya mencionado Proyecto PHASELIEU-FAIR 3463 (1998-2001), se realizó un inventario, en el cual se recopilaban datos de 30 instituciones que mantenían colecciones de germoplasma de judía común (Amurrio et al., 2001) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Inventario de las colecciones europeas de judía común (Amurrio et al. 2001).

<b>Especie</b>				
<i>P. vulgaris</i>	<i>P. coccineus</i>	<i>P. lunatus</i>	<i>P. acutifolius</i>	<i>Phaseolus</i> spp.
Instituciones: 28	Instituciones: 12	Instituciones: 8	Instituciones: 6	Instituciones: 7
Entradas: 29251	Entradas: 949	Entradas: 126	Entradas: 100	Entradas: 2060

## 9.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación

Los agricultores europeos han seleccionado y conservado multitud de variedades locales de judía, manteniendo su propia semilla año tras año. Estas variedades locales tradicionales son, en realidad, mezclas de líneas puras y pueden considerarse como variedades adaptadas y no mejoradas profesionalmente. Por ello, constituyen un recurso genético imprescindible para los mejoradores, debido a su amplia variación genética y su adaptación a las condiciones ambientales después de muchos años de cultivo.

La gran diversidad presente en las poblaciones de judía en España, y su radiación adaptiva en Europa, fundamenta que se considere la Península Ibérica como un centro de diversificación secundario de la especie (Santalla et al., 2002; Santalla et al., 2010). En este proceso de diversificación surgieron nuevas formas, diferentes de las variedades originales de los respectivos acervos Mesoamericano y Andino, que muestran fenotipos “extremos” y, asimismo, genotipos recombinantes naturales entre los acervos (Rodiño et al., 2006) (Figura 1). Estos tipos recombinantes tienen alto interés para la mejora genética de la especie, ya que pueden utilizarse como genitores “puente” para introgresar caracteres desde variedades de un acervo a otro, contribuyendo a superar los problemas de incompatibilidad genética que aparecen frecuentemente en cruzamientos entre acervos.

## 9.5. Recuperación de variedades locales y su uso en programas de mejora: logros y perspectivas

Un aspecto relevante de las variedades locales de judía en España ha sido su contribución, como base genética, al desarrollo de diferentes tipos varietales incluidos en las Indicaciones Geográficas Protegidas (IGPs), u otra forma similar de protección. Ello proporciona mayor competitividad a las judías españolas, en el mercado nacional e internacional y supone el fomento de la calidad comercial de las mismas, en comparación con la calidad de las judías importadas, lo cual finalmente implica un valor añadido de mercado.

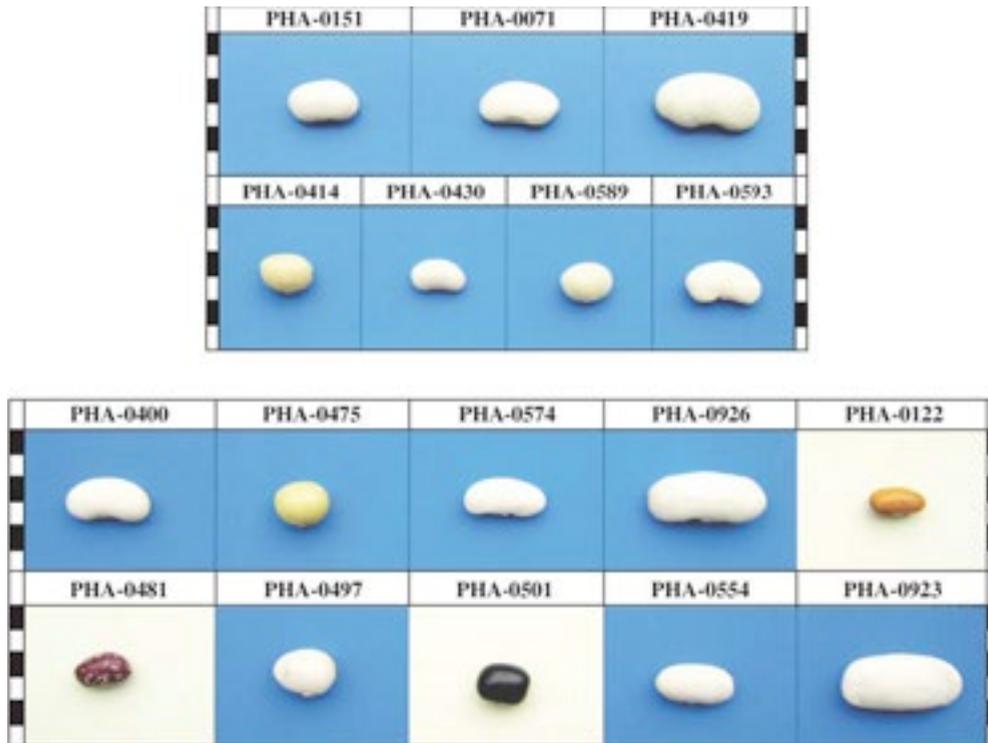
Actualmente en España existen un conjunto de variedades locales protegidas (Figura 2), que pertenecen a distintas clases comerciales o “market classes - MC” (Santalla et al., 2001; De Ron et al., 2011):

- IGP “Alubia de la Bañeza-León”. La Bañeza. León. El producto amparado son las variedades locales ‘Canela’ (MC-canela), ‘Plancheta (MC-great northern)’, ‘Riñón menudo’ (MC-canellini) y ‘Pinta’ (MC-pinto). Su zona de producción abarca 98 municipios de la provincia de León, en las comarcas de Astorga, El Páramo, Esla-Campos, La Bañeza, La Cabrera y Tierras de León, así como 20 municipios de la comarca de Benavente-Los Valles, en la provincia de Zamora.

- IGP “Faba de Lourenzá”. Lourenzá. Lugo. El tipo amparado es la variedad local conocida como ‘Faba Galaica’ (MC-favada) (Rodiño et al., 1998, Monteagudo et al., 2000). Sus características son: porte indeterminado trepador o de enrame y entrenudos largos; grano blanco uniforme, de tamaño muy grande (80-120 g/100 semillas) y ciclo vegetativo muy tardío. El área de producción abarca 15 municipios del territorio costero de la provincia de Lugo conocido por A Mariña Luguesa.

- IGP “Judías del Barco de Ávila”. Barco de Ávila. Ávila. En este caso se amparan diversos tipos de judía: ‘Blanca redonda’ (MC-marrow), ‘Blanca riñón’ (MC-canellini), ‘Morada larga’ y ‘Morada redonda’ (MC-morado), ‘Arrocina’ (MC-small white), ‘Planchada’ (MC-large great northern) y asimismo la variedad ‘Judión de Barco’, que pertenece a la especie *P. coccineus*. La zona de producción se encuentra situada al suroeste de la provincia de Ávila, en la comarca Barco de Ávila-Piedrahita, extendiéndose además al pueblo del Tejado de la provincia de Salamanca.

- IGP “Judía del Ganxet Vallés-Maresme” o “Mongeta del Ganxet Vallés-Maresme” o “Fesol del Ganxet Vallés-Maresme”. Sabadell. Barcelona. Ampara el tipo varietal ‘Ganxet’ (Casañas 1999) (MC-hook), un tipo varietal tradicional de crecimiento indeterminado y trepador, con grano blanco aplanado y extremadamente arriñonado (ganxet significa pequeño gancho en



**Figura 1.** Variedades locales de los acervos Mesoamericano y Andino típicas (MT, AT), extremas (ME, AE), y recombinantes (MR, AR). PHA-0151 (MT), PHA-0071 (ME), PHA-0419 (ME), PHA-0414 (MR), PHA-0430 (MR), PHA-0589 (MR), PHA-0593 (MR), PHA-0400 (AT), PHA-0475 (AE), PHA-0574 (AE), PHA-0926 (AE), PHA-0122 (AR), PHA-0481 (AR), PHA-0497 (AR), PHA-0501 (AR), PHA-0554 (AR), PHA-0923 (AR) (Rodiño et al., 2006).

catalán), con un ciclo de cultivo muy largo. La zona de producción corresponde a todos los municipios de las comarcas del Vallés Occidental y el Vallés Oriental, junto con nueve municipios de la comarca de El Maresme, y cuatro de la comarca de La Selva.

Además de estas variedades con IGP existen otros tipos que se cultivan en diferentes áreas de España y que merecen especial atención, como los siguientes:

- Alubias del País Vasco. Las alubias con Lábel Vasco de Calidad Alimentaria (Eusko Label Kalitatea) son tipos locales seleccionados por los agricultores que se producen artesanalmente en pequeñas huertas. Los tres tipos de alubias más características son:

- Alubia de Tolosa (Tolosako Babarruna). Pertenece a la variedad “Tolosana”, de color morada oscura casi negra de forma ovalada, con un tamaño de grano medio y un ciclo largo.

- Alubia Pinta Alavesa (Arabako Babarrun Pintoa). Es la variedad “Alavesa”, con un grano pequeño de forma ovoidea y de color rosáceo que se cultiva de Montaña y Valles Alaveses.
  - Alubia de Gernika (Gernikako Indaba). Es una alubia pinta, con grano de color granate con pintas rojas o rosáceas, que presenta forma ovoidea y un tamaño de 1 a 1,5 cm. La zona de cultivo se extiende por toda la provincia de Vizcaya, pero la producción más importante se centra en las comarcas de Mungia, Lea Artibai y Busturia.
- En Castilla y León y La Rioja zonas destacan algunas variedades, que tienen un importante protagonismo en la gastronomía local: ‘Caparrón de Belorado’, ‘Alubia de Ibeas’, ‘Alubia de La Moraña’, ‘Alubia de Saldaña’ y ‘Alubia de El Burgo de Osma’, entre otros tipos locales (Asensio 2006; Reinoso et al., 2007; Carravedo y Mallor 2008).
- En Galicia tienen reconocimiento la judía riñón y la verdina o ‘Faba do Marisco’ en algunas zonas de producción (Rodiño et al., 1998; Monteagudo et al., 2000; De Ron et al., 2006).

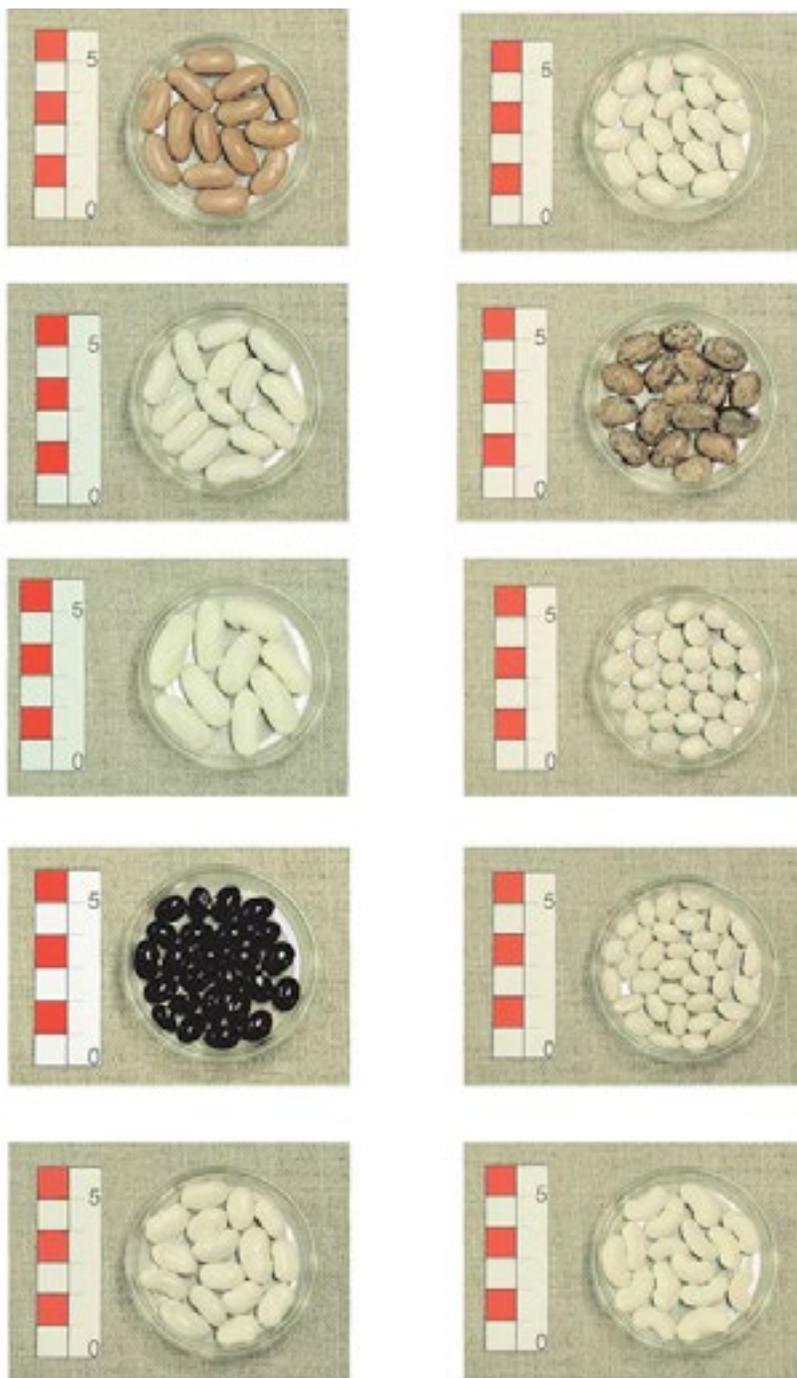
De acuerdo con todo lo anterior, puede afirmarse que en España hay una notable variación genética en la judía común, que se ha utilizado para el desarrollo de diferentes tipos adaptados a regiones diferentes. Es precisamente en esos tipos varietales en los cuales se centra la actual producción de judía en España, si bien dicha producción se ha reducido drásticamente en los últimos años, tanto por el abandono de un cultivo que puede ser poco rentable debido a rendimientos inestables y a la presencia de plagas y enfermedades, como por la importación masiva de algunos tipos varietales, especialmente la alubia blanca. No obstante, debe enfocarse la mejora genética de la judía a partir de las variedades locales, como fuente de variación y con potencial aporte de genes de valor en mejora, por ejemplo, de resistencia a plagas y enfermedades, ya que algunos de los principales problemas que afectan a la judía son los agentes fitopatógenos. En la Estación Fitopatológica do Areeiro (Diputación de Pontevedra), Unidad Asociada al CSIC, se ha realizado un seguimiento del cultivo de la judía, en Galicia, a fin de diagnosticar dichos agentes, que se muestran en la Tabla 3.

Monteagudo et al., (2006) evaluaron la resistencia a diferentes enfermedades en 43 variedades de la colección nuclear de judía de la MBG-CSIC y Rodiño et al., (2009) estudiaron la variabilidad dentro de un conjunto de 55 líneas de mejora obtenidas por selección en variedades locales. En ambos estudios se identificaron numerosas variedades y líneas con diversos grados de resistencia o tolerancia a diferentes enfermedades de la judía (antracnosis, bacteriosis de halo, bacteriosis común, roya y virus del mosaico común), mientras que otras mostraron gran precocidad y algunas elevado rendimiento y calidad. Campa et al., (2014) analizaron la resistencia a 11 razas de antracnosis en una población RIL (Recombinant Inbred Lines), encontrando también diversos grados de resistencia. Lo anterior pone de manifiesto que la selección dentro de las variedades locales puede proporcionar un material genético superior, tanto en lo que se refiere a resistencia a agentes fitopatógenos, como en caracteres agronómicos y de calidad (Casañas 1999). Desde el punto de vista de las perspectivas de mejora, hay que tener en cuenta los progresos recientes en el conocimiento del

genoma de la judía común (Schmutz et al., 2014; De Ron et al., 2015), de gran relevancia en los programas de mejora de la especie, ya que aportarán nuevas vías a la mejora genética de la judía, en aspectos relacionados con la adaptación y producción, calidad, tolerancia a estreses bióticos y abióticos y asimismo con la eficiencia del sistema simbiótico con rizobios, de gran relevancia ambiental.

**Tabla 3.** Agentes fitopatógenos diagnosticados en Galicia en los últimos años, en el cultivo de la judía.

Hongos	Bacterias	Virus	Nemátodos	Insectos	Ácaros
<i>Alternaria</i> sp	<i>Pseudomonas viridiflava</i>	BCMV. Virus del mosaico común de la judía	<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Acanthocelides obtectus</i>	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>
<i>Ascochyta</i> sp	<i>Pseudomonas syringae</i>	PepMV. Virus del mosaico del pepino	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Tetranychus urticae</i>
<i>Botrytis cinerea</i>		TSWV. Virus del bronceado del tomate		<i>Bemisia tabaci</i>	
<i>Cladosporium</i> sp				<i>Frankliniella occidentalis</i>	
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>				<i>Heliothis armigera</i>	
<i>Fusarium oxysporum</i>				<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	
<i>Fusarium solani</i>				<i>Myzus persicae</i>	
<i>Phytium</i> sp				<i>Phorbia platyura</i>	
<i>Phytophthora</i> sp				<i>Thrips tabaci</i>	
<i>Rhizoctonia solani</i>				<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>					
<i>Sphaerotheca fuliginea</i>					
<i>Uromyces appendiculatus</i>					
<i>Verticillium</i> sp					



**Figura 2.** Variedades locales españolas con IGP. MC (izda, dcha, arriba, abajo): ‘canela’, ‘great northern’, ‘canellini’, ‘pinto’, ‘favada’, ‘marrow’, ‘morado’, ‘small white’, ‘large great northern’ y ‘hook’.

## 9.6. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria INIA) mediante los proyectos RF2010-00005-C05-04 and RFP2013-00001, y de la Diputación de Pontevedra, por la cesión de las parcelas experimentales.

## 9.7. Referencias

- Amurrio M, Santalla M, De Ron AM. (eds.). 2001. Catalogue of bean genetic resources. Fundación Pedro Barrié de la Maza/PHASELIEU-FAIR3463/MBG-CSIC, Pontevedra.
- Asensio C. 2006. Catálogo de variedades de judías-grano del ITACYL. 2ª Edición. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- Bellucci E, Bitocchi E, Rau D, Rodríguez M, Biagetti E, Giardini A, Attene G, Nanni L, Papa R. 2014. Genomics of origin, domestication and evolution of *Phaseolus vulgaris*. pp. 483-507. En: R Tuberosa, A Graner E, E Frison E (eds.), Genomics of plant genetic resources. Springer, Dordrecht.
- Blair MW, Soler A, Cortés AJ. 2012. Diversification and population structure in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). PLOS One 7 (11) e49488.
- Blair MW, Cortes AJ, Penmetsa RV, Farmer A, Carrasquilla-Garcia N, Cook DR. 2013. A high-throughput SNP marker system for parental polymorphism screening, and diversity analysis in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Theor. Appl. Genet. 126: 535-548.
- Brücher H. 1988. The wild ancestor of *Phaseolus vulgaris*. pp 185-214. En P Gepts (ed.), Genetics resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization. Kluwer, Dordrecht.
- Campa C, Rodríguez-Suárez C, Giráldez R, Ferreira JJ. 2014. Genetic analysis of the response to eleven *Colletotrichum lindemuthianum* races in a RIL population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). BMC Plant Biol. 14: 115.
- Carravedo M, Mallor C. 2008. Variedades autóctonas de legumbres españolas conservadas en el Banco de Germoplasma de Especies Hortícolas de Zaragoza. CITA-Gobierno de Aragón, Zaragoza.
- Casañas F. 1999. Characteristics of a common bean landrace (*Phaseolous vulgaris* L.) of great culinary value and selection of a commercial inbred. J. Sci. Food Agric. 79: 693-698.
- Cubero JI. 2003. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Mundi-Prensa, Madrid.
- De la Rosa L, Marcos T, De Ron AM, Casquero P, Reinoso B, Asensio C, Asensio S-Manzanera MC, Ruíz de Galarreta I, Casañas F, Campa A, Ferreira JJ. 2008. Red española de colecciones de judías. Actas AEL 3: 135-141.
- De Ron AM, Santalla M, Barcala N, Rodiño AP, Casquero PA, Menéndez MC. 1997. Beans (*Phaseolus* spp.) collection at the MBG-CSIC in Spain. Plant Genet. Resour. Newsl. 112: 100.

- De Ron AM, Rodiño AP, Santalla M. 2006. Agronomic performance of flageolet beans in Spain. *Annu. Rept. Bean Improv. Coop.* 49: 113-114.
- De Ron AM, González AM, De La Fuente M, Rodiño AP, Mansilla JP, Saburido MS, Santalla M. 2011. Catálogo de germoplasma de *Phaseolus* de la Misión Biológica de Galicia-CSIC. MBG-CSIC/INIA/AEL. Pontevedra.
- De Ron AM, Papa R, Bitocchi E, González AM, Debouck DG, Brick MA, Fourie D, Marsolais F, Beaver J, Geffroy V, McClean P, Santalla M, Lozano R, Yuste-Lisbona FJ, Casquero PA. 2015. Common bean. pp. 1-36. En: AM De Ron (ed.), *Grain Legumes, Series: Handbook of Plant Breeding*. Springer Science+Business Media, New York:
- De Ron AM, De la Rosa L, Marcos T, Lázaro A, Casañas F, Casquero PA, Ferreira JJ, Ruiz de Galarreta JI. 2016. Current bean germplasm collections and activities in Spain. *Annu. Rept. Bean Improv. Coop.* 57 (en prensa).
- Debouck DG. 1999. Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. pp 25-53. En: SP Singh (ed.), *Common bean improvement in the twenty-first century*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Evans AM. 1973. Commentary upon plant architecture and physiological efficiency in the field bean. pp. 279-286. En: D Wall (ed.), *Potential of field beans and other food legumes in Latin America*. CIAT, Cali.
- Ferreira JJ, Pérez-Vega E, Campa A. 2007. Nuevas variedades de judía tipo Faba Granja desarrolladas en el SERIDA. Resultados de las evaluaciones morfológicas, agronómicas y de calidad. SERIDA, KRK Ediciones, Oviedo.
- Freyre R, Skroch P, Geffroy V, Adam-Blondon AF, Shirmohamadali A, Johnson W, Llaca V, Nodari R, Pereira P, Tsai S-M, Tohme J, Dron M, Nienhuis J, Vallejos C, Gepts P. 1998. Towards an integrated linkage map of common bean. 4. Development of a core linkage map and alignment of RFLP maps. *Theor. Appl. Genet.* 97: 847-856.
- Freytag GF, Debouck DG. 1996. *Phaseolus costaricensis*, a new wild bean species (*Phaseolinae*, *Leguminosae*) from Costa Rica and Panama, Central America. *Novon.* 6 (2): 157-163.
- Freytag GF, Debouck DG. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (*Leguminosae-Papilionoideae*) in North America, Mexico and Central America. *SIDA Bot. Misc.* 23: 1-300.
- Fueyo MA. 2004. Producción de judías de calidad. SERIDA, KRK Ediciones, Cooperativa de Agricultores, Consumidores y Usuarios del Concejo de Gijón, Oviedo.
- Gentry HS. 1969. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Econ. Bot.* 23: 55-69.
- Gepts P, Bliss FA. 1986. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. *Econ. Bot.* 40: 469-478.
- Gepts P, Bliss FA. 1988. Dissemination pathways of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae) deduced from phaseolin electrophoretic variability. II. Europe and Africa. *Econ. Bot.* 42: 86-104.
- Gepts P, Debouck D. 1991. Origin, domestication, and evolution of common bean

- (*Phaseolus vulgaris* L.). pp. 7-53. En: A van Schoonhoven and O Voyest (eds.), Common beans: research for crop improvement. C.A.B. Intl., Wallingford and CIAT, Cali.
- Gepts P, Osborn TC, Rashka K, Bliss FA. 1986. Phaseolin - protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiples centres of domestication. *Econ. Bot.* 40: 451-468.
  - <http://wwwx.inia.es/coleccionescrf/PasaporteCRF.asp>. Acceso: 01-02-2016.
  - Kaplan L. 1981. What is the origin of common bean? *Econ. Bot.* 35: 240-254.
  - Khairallah MM, Sears BB, Adams MW. 1992. Mitochondrial restriction fragment length polymorphisms in wild *Phaseolus vulgaris* L.: insights on the domestication of the common bean. *Theor. Appl. Genet.* 84: 915-922.
  - Koenig R, Singh SP, Gepts P. 1990. Novel phaseolin types in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, *Fabaceae*). *Econ. Bot.* 44: 50-60.
  - Kuboyama T, Shintaku Y, Takeda G. 1991. Hybrid plant of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. lunatus* L. obtained by means of embryo rescue and confirmed by restriction endonuclease analysis of rDNA. *Euphytica* 54:177-182.
  - Leonard MF, Stephens LC, Summers WL. 1987. Effect of maternal genotype on development of *Phaseolus vulgaris* L. x *P. lunatus* L. interspecific hybrid embryos. *Euphytica* 36: 327-332.
  - Monteagudo AB, Rodiño AP, Montero I, Santalla M, De Ron AM. 2000. Breeding white seeded bean cultivars for improving quality. *Annu. Rept. Bean Improv. Coop.* 43: 47-48.
  - Monteagudo AB, Rodiño AP, Lema M, De la Fuente M, Santalla M, De Ron AM, Singh SP. 2006. Resistance to fungal, bacterial and viral diseases in a common bean core collection from the Iberian Peninsula. *HortSci.* 41: 319-322.
  - Papa R, Belluci E, Rossi M, Leonardi S, Rau D, Gepts P, Nanni L, Attene G. 2007. Tagging the signatures of domestication in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by means of pooled DNA samples. *Ann. Bot.* 100: 1039-1051.
  - Reinoso B, Boto JA, González M. 2007. Variedades locales de alubia o judía grano (*Phaseolus vulgaris* L.) de la Provincia de León. Universidad de León, León.
  - Rodiño AP, Montero I, De Ron AM, Santalla M. 1998. Evaluación preliminar de las características nutritivas y sensoriales del grano de las variedades de judía común galaica y riñón. *Actas Horti.* 22: 221-227.
  - Rodiño AP, González AM, Santalla M, De Ron AM, Singh SP. 2006. Novel genetic variation in common bean from the Iberian Peninsula. *Crop Sci.* 46: 2540-2546.
  - Rodiño AP, Monteagudo AB, De Ron AM, Santalla M. 2009. Ancestral landraces of common bean from the South of Europe and their agronomical value for breeding programmes. *Crop Sci.* 49: 2087-2099
  - Santalla M, De Ron AM, Voyest O. 2001. European bean market classes. pp 77-94. En: M Amurrio, M Santalla, AM De Ron (eds.), Catalogue of bean genetic resources., Fundación Pedro Barrié de la Maza/PHASELIEU-FAIR3463/MBG-CSIC, Pontevedra
  - Santalla M, Rodiño AP, De Ron AM. 2002. Allozyme evidence supporting southwestern Europe as a secondary center of genetic diversity for common bean. *Theor. Appl. Genet.*

104: 934-944.

- Santalla M, De Ron AM, De La Fuente M. 2010. Integration of genome and phenotypic scanning gives evidence of genetic structure in Mesoamerican common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from the southwest of Europe. *Theor. Appl. Genet.* 120:1635-1651.
- Schmit V, Debouck DG .1991. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. *Econ. Bot.* 45: 345-364.
- Schmutz J, McClean PE, Mamidi S, Wu GA, Cannon SB, Grimwood J, Jenkins J, Shu S, Song Q, Chavarro C, Torres-Torres M, Geffroy V, Moghaddam SM, Gao D, Abernathy B, Barry K, Blair M, Brick MA, Chovatia M, Gepts P, Goodstein DM, Gonzales M, Hellsten U, Hyten DL, Jia G, Kelly JD, Kudrna D, Lee R, Richard MM, Miklas PN, Osorno JM, Rodrigues J, Thareau V, Urrea CA, Wang M, Yu Y, Zhang M, Wing RA, Cregan PB, Rokhsar DS, Jackson SA. 2014. A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. *Nature Genet.* 46: 707-713.
- Singh SP. 1992. Common bean improvement in the tropics. *Plant. Breed. Rev.* 110: 199-269.
- Singh SP. 1999. Production and utilization. pp 1-24. En: SP Singh (ed.), *Common bean improvement in the twenty-first century*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Singh SP, Gutierrez JA, Molina A, Urrea C, Gepts P. 1991a. Genetic diversity in cultivated common bean. II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. *Crop Sci.* 31:23-29.
- Singh SP, Nodari R, Gepts P. 1991b. Genetic diversity in cultivated common bean. I. Allozymes. *Crop Sci.* 31: 19-23.
- Singh SP, Gepts P, Debouck DG. 1991c. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae). *Econ. Bot.* 45: 379-396
- Sitte P, Weiler EW, Kadereit JW, Bresisnky A, Kömer C. 2004. Strasburger. *Tratado de Botánica*. 35 ed. Omega, Barcelona.
- Smartt J. 1988. Morphological, physiological and biochemical changes in *Phaseolus* beans under domestication. pp 543-560. En: P Gepts (ed.), *Genetics resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization*. Kluwer, Dordrecht.

## 10. Leguminosas

---

**Eva M. Córdoba<sup>1</sup>, Clara I. González-Verdejo<sup>1</sup>, Manuel J. Rodríguez<sup>2</sup>, Carmen A. García<sup>2</sup>, Constantino Caminero<sup>2</sup>, Teresa Millán<sup>3</sup>, Ana M. Torres<sup>1</sup>, Josefa Rubio<sup>1</sup> y Salvador Nadal<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y formación Agraria y Pesquera, IFAPA Centro Alameda del Obispo de Córdoba, Avda. Méndez Pidal s/n, 14080 Córdoba

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, ITACYL. Unidad de Cultivo Herbáceos, Ctra. Burgos Km. 119, 47071 Valladolid

<sup>3</sup> Dpto de Genética, ETSIAM-Univ de Córdoba, Campus de Rabanales, 14071 Córdoba

\* salvador.nadal@juntadeandalucia.es

### 10.1. Introducción

#### 10.1.1. Las leguminosas

#### 10.1.2. Variedades locales tradicionales: características de las variedades locales

### 10.2. Principales variedades locales

### 10.3. Conservación de variedades locales de leguminosas: ex situ e in situ

#### 10.3.1. Variedades locales conservadas ex situ

#### 10.3.2. Variedades locales conservadas in situ

### 10.4. Variedades locales con interés para su recuperación

### 10.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación

### 10.6. Utilización en programas de mejora

### 10.7. Logros y perspectivas

#### 10.7.1. Logros: sellos de calidad

#### 10.7.2. Perspectivas

### 10.8. Referencias

## 10.1. Introducción

### 10.1.1. Las leguminosas

Leguminosas es el término con el cual se designan un conjunto de especies pertenecientes a la familia Fabaceae que comparten entre otros caracteres su fruto en forma de legumbre, el alto contenido proteico de sus granos (semilla madura) y forrajes, así como la posibilidad de establecer relaciones simbióticas con bacterias del suelo fijadoras de nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ). La gran riqueza de este grupo de plantas, su variabilidad, y las diferentes necesidades que a lo largo de la historia se le han ido presentando al hombre en muy diferentes ambientes, han contribuido a su selección y evolución. Esto ha generado una amplia diversidad en tipos para múltiples aprovechamientos y usos, entre los que se encuentran frutos para el consumo humano, para la alimentación animal o para el mantenimiento y mejora de los campos (abonos verdes).

Las leguminosas grano serían aquellas cuya utilidad primaria estaría en el aprovechamiento de sus semillas secas, sus granos. Contenidos medios proteicos del 20-25% han sido razón más que suficiente para que desde antiguo se incluyesen en las dietas y raciones de hombres y animales. Han sido y son proteína barata y accesible, (la carne del pobre). El hombre ha sabido seleccionar y domesticar especies y tipos dentro de éstas para su propio consumo o para alimentar a su ganado, aprovechando la gran variabilidad existente. Así por ejemplo, para las habas, los cuatro tipos botánicos existentes, *major*, *equina*, *minor* y *paucijuga*, responden perfectamente a necesidades y aprovechamientos distintos. El tipo *major*, que presenta los granos más grandes (de hasta 2 gramos/grano) y de forma aplanada, es el destinado en nuestra cultura mediterránea al consumo humano. Es el más reciente y se cree que fue seleccionado por los agricultores romanos desde las variedades del tipo *equina* (Cubero, 1974). Las de éste último, denominadas también “habas caballares”, se han empleado tradicionalmente para la alimentación animal, como integrantes de piensos. Las *minor*, de forma cilíndrico-redondeadas, conocidas también como “cochineras”, eran aprovechadas no sólo por sus granos sino también como plantas forrajeras, en especial para el ganado porcino. Y las *paucijuga*, de tamaño muy pequeño (entrando 6 o 7 granos/gramo) y granos redondeados, aprovechadas para harina con la que se realizan tortitas para el consumo humano desde la India a Afganistán. En general, las legumbres secas son la base de potages y pucheros ligados a las culturas y tradiciones de los pueblos.

Las leguminosas hortalizas serían aquellas que sus semillas, con vaina o sin vaina, y en distinto estado de madurez son aprovechadas como verdura para el consumo humano. Existen variedades específicas para el aprovechamiento de sus granos verdes tanto para fresco como para congelado (guisantes, habas, judías), como variedades para el aprovechamiento

de sus vainas inmaduras completas las cuales presentan ausencia de pergamino<sup>1</sup> (guisantes cometodo-tirabeques). Las leguminosas forrajeras, serían aquellas especies-variedades cultivadas para la producción de forrajes, los cuales bien segados tanto para fresco, heno o ensilado, o pastoreados, se destinan a la alimentación animal. En este grupo estarían mielgas-alfalfas, esparcetas, zullas, tréboles, vezas, guisantes, carretones, incluso determinadas variedades de habas como ya se comentó en párrafos anteriores. En la Tabla 1 se muestran las principales leguminosas tradicionalmente cultivadas en España, clasificadas por su principal aprovechamiento.

**Tabla 1.** Especies tradicionales de leguminosas cultivadas en España clasificadas en función de su principal destino y aprovechamiento.

Destino	Aprovechamiento	Cultivo	Especie
Consumo humano	Grano	Garbanzos	<i>Cicer arietinum</i> L.
		Habas	<i>Vicia faba</i> L.
		Lentejas	<i>Lens culinaris</i> Medicus.
		Guisantes	<i>Pisum sativum</i> L.
		Caupi	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.
		Judías	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
	Hortícolas	Guisantes	<i>Pisum sativum</i> L.
		Habas	<i>Vicia faba</i> L.
		Judías	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

<sup>1</sup> Pergamino: tejido parenquimatoso integrante de las vainas de algunas leguminosas que confiere fibrosidad a la vaina.

Alimentación animal	Grano	Guisantes	<i>Pisum sativum</i> L.
		Habas	<i>Vicia faba</i> L.
		Yeros	<i>Vicia ervilia</i> Willd.
		Altramuz	<i>Lupinus albus</i> L.
			<i>Lupinus angustifolius</i> L.
			<i>Lupinus luteus</i> L.
			<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet
		Veza común	<i>Vicia sativa</i> L.
		Alberjones	<i>Vicia narbonensis</i> L.
		Almortas	<i>Lathyrus sativus</i> L.
		Titarros	<i>Lathyrus cicera</i> L.
		Algarrobas	<i>Vicia monanthos</i> (L.) Desf.
	Alhovas	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	
	Forrajeras	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.
		Veza común	<i>Vicia sativa</i> L.
		Esparceta	<i>Onobrychis sativa</i> L.
		Zulla	<i>Hedysarum coronarium</i> L.
		Carretón	<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds
		Trébol	<i>Trifolium repens</i> L.
Habas		<i>Vicia faba</i> L.	
Guisantes	<i>Pisum sativum</i> L.		

### 10.1.2. Variedades locales-tradicionales: características de las variedades locales

Previo a la definición de términos como variedad local, variedad-población, cultivar, cultivar tradicional, es importante abordar algunas definiciones que sin duda allanarán el camino a éstas, como la de planta domesticada, o la de selección automática. Una planta domesticada es aquella cuyo proceso de reproducción está controlado por el hombre en su propio beneficio (Cubero et al., 2006). Cuando éste siembra, cultiva y se guarda parte de la semilla producida para la siguiente campaña agrícola, está “forzando” la selección, consiguiendo de forma consciente o inconsciente la modificación de la estructura del material biológico de partida. A este proceso se le denomina selección automática, y ha sido el responsable, con la acción del hombre, de “transformar” plantas silvestres (y animales) en plantas “domesti-

cidas”. Operando de esta forma en distintos ambientes específicos, con diferentes condiciones agroclimáticas, se formaron las variedades locales también denominadas variedades tradicionales o ecotipos.

Las variedades locales-tradicionales son cultivos en los que la población (conjunto de genotipos-individuos) ha evolucionado a lo largo del tiempo adaptándose a las condiciones climáticas, las prácticas culturales y la presencia de plagas y enfermedades locales (Hycka, 1975). Éstas han sido las semillas que cada agricultor a lo largo de la historia ha ido sembrando, cultivando, cosechando, seleccionando, conservando y volviendo a sembrar, una y otra vez, hasta llegar a nuestros días. Miles de años utilizando el método de selección masal. Por ello, los términos variedad local, variedad tradicional, ecotipo o variedad población, desde el ámbito de la Mejora, representan lo mismo.

Por su método de obtención (el desarrollado por los propios agricultores que las cultivan, consumen-utilizan y conservan) las variedades locales presentan una serie de características relevantes:

**Adaptación a ambientes concretos.** Presentan una gran adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales en las que los agricultores han ido seleccionándolas, y éstas han ido evolucionando, para usos o propiedades específicas, con manejos muy concretos.

**Heterogeneidad.** Una de las características más importantes de las variedades locales es su variabilidad en genotipos (intravarietal), si se comparan con las variedades comerciales modernas. Esto les ha conferido a lo largo de la historia una mayor resiliencia frente a posibles estreses que el cultivo pueda sufrir.

**Calidad.** Al haber sido seleccionadas en función de las necesidades de los agricultores y de sus gustos, más que en función de componentes de rendimiento o tolerancias-resistencias a plagas-enfermedades, ¿cultivarían, seleccionarían y conservarían semillas para la siguiente campaña, de plantas que no considerasen de calidad? ¿que no fuera dulce el fruto si eso era lo esperado, si no fuera tenaz si se necesitaba fibra, si no tuviera alto contenido en pigmentos, alcaloides u otro componente deseado, si esa fuese su utilidad? Seguramente no.

**Evolución continua.** Al estar en manos de los agricultores, siendo éstos los encargados de su conservación-selección-cultivo, estas poblaciones de individuos siguen estando sometidas a la presión de selección de cada ambiente y necesidad, y al disponer de suficiente variabilidad que permite la selección, éstas se van modificando para los ambientes y necesidades concretas.

e) **Patrimonio cultural.** Con el desarrollo de las variedades propias en cada localidad, se desarrolló un conocimiento campesino que responde a las condiciones ecológicas, econó-

micas técnicas y culturales de cada geografía y cada región (CAP, 2012). Este conocimiento constituye *per se* un patrimonio de incalculable valor y ha sido clave para la conservación de las variedades locales y de los entornos en los que éstas se cultivan.

f) Patrimonio genético. Al igual que el conocimiento es un gran tesoro, la diversidad de caracteres y genes presentes en las variedades locales es en sí un patrimonio único e irremplazable. No es posible improvisar miles de años de evolución.

## 10.2. Principales variedades locales

A finales del siglo XX en España se utilizaban un alto porcentaje de variedades locales de leguminosas si se comparaba con la situación de otros cultivos herbáceos (cereales-oleaginosas) donde la sustitución por *variedades mejoradas*<sup>2</sup> ha sido casi total (Informe Conferencia Técnica Internacional de la FAO, 1996). Sin embargo, la falta de interés por estos cultivos, materializado en el descenso de las superficies dedicadas a leguminosas, ha provocado en los últimos años una mayor erosión de sus recursos genéticos. Esta falta de interés y pérdida de variedades locales ha estado muy ligada a las directrices de las Políticas Agrarias en la Unión Europea (PAC), ya que éstas han fomentado mediante la adjudicación de ayudas directas a los agricultores, el cultivo de determinadas especies y modelos productivos (monocultivos), en detrimento de otras especies y modelos más sostenibles. Determinados reglamentos y órdenes han sido los responsables que en el territorio de la Unión Europea en general, y en España en particular, que sean unas y no otras las especies cultivadas (tradicionales o mejoradas), sentenciando al abandono de su cultivo al resto, con la pérdida en muchos casos del material biológico y del conocimiento tradicional ligado a éste. En la Tabla 2 se muestran las superficies dedicadas a las principales leguminosas en España para los años 1904, 1926, el promedio 1931-35, 1945, 1991 y para el año 2013. En las leguminosas grano se establecieron dos grandes grupos sujetos a ayuda económica por parte de la PAC: (i) proteaginosas, el cual engloba a guisantes, habas, haboncillos y altramuces dulces, todas para alimentación animal; y (ii) el grupo de leguminosas de grano que incluye a yeros y vezas para alimentación animal, y a garbanzos, lentejas y judías secas para alimentación humana.

Quizás una primera pregunta que nos deberíamos hacer es ¿por qué separar ambos grupos? ¿las proteaginosas no son leguminosas grano? ¿o los yeros y vezas no serían proteaginosas? Posiblemente las proteaginosas-leguminosas tradicionales de los países del centro-norte de la Unión Europea difieren de las del sur, de la zona Mediterránea, y en una primera normativa regularon las “*protéagineux*” del centro-norte europeo, atendiendo en un

---

<sup>2</sup> Variedad mejorada: variedades de -potencial alto rendimiento-, de base genética reducida, desarrolladas en la mayoría de los casos para monocultivo, no por agricultores sino por -mejoradores- de -empresas- privadas o públicas.

segundo plano, algunas de las especies meridionales. Otra pregunta sería ¿por qué no se incluyeron en estas directrices (ayudas) el resto de leguminosas (proteaginosas) tradicionales de nuestro país (y del resto de países de la Cuenca Mediterránea de la UE)? ¿Dónde quedaban algarrobas, alhovas, almortas, titarros, y alberjones?

Quedaban en el olvido. Observando algunos de los valores de la Tabla 2, destacan negativamente algarrobas y almortas, leguminosas rústicas por excelencia, que han pasado de valores de más de 200.000 y 60.000 hectáreas en la mitad del siglo pasado a algo más de 800 y 300 hectáreas respectivamente en nuestros días. En situaciones peores se encuentran dentro de este grupo alberjones y alhovas, que ni siquiera aparecen en las estadísticas del Ministerio.

**Tabla 2.** Superficie cultivada de las principales leguminosas grano cultivadas en España los años 1904<sup>1</sup>, 1926<sup>2</sup>, promedio 1931-35<sup>2</sup>, 1945<sup>2</sup>, 1991<sup>3</sup> y 2013<sup>4</sup>.

	Cultivos	Superficie cultivada (ha)					
		1904	1926	Promedio 1931-35	1945	1991	2013
Ayudas Proteaginosas	Habas grano	169.033	225.416	201.340	125.817	29.001	17.542
	Guisantes grano	19.768	58.058	57.718	47.782	9.204	122.246
	Altramuz	4.478	-	-	25.816	2.426	3.650
Ayuda Leguminosas grano	Garbanzo	167.011	254.464	237.974	378.407	51.152	27.252
	Lentejas	9.839	35.653	22.673	42.082	41.390	31.506
	Judías grano	286.206	277.029	212.880	228.456	76.744	6.829
	Yeros	20.833	70.690	97.528	105.151	23.362	84.103
	Veza grano	-	-	-	56.731	59.170	71.440
Sin ayuda	Algarrobas	129.182	202.194	205.856	201.974	2565	828
	Alhovas	-	-	-	7.369	200	-
	Alberjones	19.838	-	-	8.720		-
	Almortas	10.264	-	-	62.260	359	371

<sup>1</sup> Estadística de las producciones de cereales, leguminosas y de mosto en el año 1904. Junta Consultiva Agronómica.

<sup>2</sup> Estadística de la producción de leguminosas en 1945. Anuario de Estadística Agraria, 1945.

<sup>3</sup> Anuario de Estadística 1991. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.

<sup>4</sup> Anuario de Estadística 2014. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 2015.

De hecho, estas especies son catalogadas como dejadas de lado (“neglected”) en la bibliografía especializada (López Bellido, 1994). Nótese también que en el registro de superficie

dedicada a la producción de semillas certificadas en España por parte de la Oficina Española de Variedades Vegetales para la campaña 2013-2014, no figura hectárea alguna dedicada a producción de semilla de alhovas, almortas, o alberjones.

A continuación se citan algunas variedades locales de leguminosas, referenciadas por diversas fuentes y clasificadas por cultivos-especies al margen de las conservadas *ex situ* en las colecciones del Inventario Nacional en la colecciones de base o en las colecciones activas en los centros de referencia.

#### Habas (*Vicia faba* L.)

A partir de los años ochenta, se inicia en España la recogida organizada de germoplasma de habas, llegándose a coleccionar más de un millar de variedades locales, predominado en éstas las destinadas al consumo humano (Cubero, 1994). Esta cifra da idea de la gran variabilidad existente en esta especie en nuestro país, y de la importancia que ha tenido a lo largo de la historia.

Revisando la bibliografía existente, se encuentran las siguientes referencias de variedades locales: “Habas Serranas”, “Habita Negra”, “Haba Guipuzcoana”, “Habas del Molinillo” y “Haba Morada Canaria”, “Haba Blanca Valenciana”, “Haba Larga”, “Habas de Córdoba”, “Haba de Bailén”, “Haba de Dalías”, “Haba Reina Mora de Trebujena”, “Habas de Palmete de Sevilla”, “Haba de Siete Pipas de Ronda”, “Haba Coco Enana de Toscana”, “Habas Cochineras Campiña de Córdoba”, “Haba Valenciana”, “Haba Tarragona”, “Haba Moruna”, “Haba Cochinera”, “Haba de Vaina Corta”, “Haba Machacana”, “Haba Negra”, “Haba Alicantina”, “Haba Morada”, “Habín Jerezano”, “Haba Marceñana”, “Haba Caballar”, “Haba Tremesina”, “Haba Frudesa”, “Haba de Sierra”, “Haba Escuseña”, “Haba Granadina”, “Haba de cinco o seis granos”, “Haba de cuatro o cinco cascotes”, “Haba Marroquina”, “Haba Común”, “Haba de las Siete en Vaina”, “Haba del País”, “Haboncillo”, “Haba del Medio”, “Haba del Cuerno” y “Haba de Siete Pipas” (Egea-Sánchez *et al.* 2008; López-Gonzalez *et al.* 2008; RAS, 2015; Centro Zahoz, 2016).

De entre todas estas, y dentro del grupo de habas de huerta (destinadas al consumo humano de sus frutos frescos, bien los granos verdes o las vainas inmaduras), destacan por su importancia y calidad de fruto, las variedades Aguadulce y Muchamiel. La primera, originaria de la localidad sevillana de Aguadulce, se caracteriza por sus largas vainas con 5-9 granos por vaina de gran calidad. Muchamiel, que toma el nombre de la localidad alicantina de la que se cree que procede, posee una magnífica adaptación a zonas del litoral mediterráneo. Sus vainas contienen entre 3 y 7 granos, siendo de ciclo más corto que Aguadulce.

### Lenteja (*Lens culinaris* Medik.)

“Blanca o de Teno” y “Lenteja Parda” (ASAGA 2012)

### Guisante (*Pisum sativum* L.)

“Guisantes Ternillos”, “Guisante Serrano”, “Guisante de Secano”, “Guisante Candelario”, “Guisante Ojo Preto”, “Guisante Blanco”, “Guisante Cuarentena”, “Guisante de Enrame”, “Guisante Preso”, “Guisante Rojo”, “Guisante de Sanlúcar de Barrameda”, “Guisantes de Flor Morada de Sevilla”, “Guisante Vaina Pequeña de Utrera”, “Chicharro de Sanlúcar de Barrameda”, “Guisante de Carmona” y “Guisante Enano de Castilblanco”, “Guisante de Manteca o arrugadas/lisas o de aquí”, “Guisante del País” y “Guisante Negro” (Egea-Sánchez *et al.* 2008; ASAGA 2012; RAS 2015; Centro Zahoz 2016)

### Garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

A partir de la segunda mitad del siglo XX, se comenzó la recogida de germoplasma en nuestro país. En una primera colección, el Ingeniero D. José Puerta Romero reunió más de 600 variedades tradicionales, la mayoría destinadas al consumo humano (Cubero 1994). Como posteriormente se mencionará, en el Inventario nacional se registran más de x variedades primitivas de esta especie.

Algunas de las variedades locales referenciadas en la bibliografía son:

“Garbanzo Serrano”, “Garbanzo Negro”, “Garbanzo Pajizo”, “Garbanzo Crema de Morón de Castilblanco”, “Garbanzo Pedrosillano de Galaroza”, “Garbanzo Castellano”, “Garbanzo Carriol”, “Garbanzo de Morón”, “Garbanzos Colorados”, “Garbanzos del País” y “Garbanzas” (Guerrero 1984; Egea-Sánchez *et al.* 2008; ASAGA 2012 ; RAS 2015; Centro Zahoz 2016)

### Caupí (*Vigna unguiculata* L.):

“Caupí de Carillas o Chíchere”, “Caupí Frejón largo”, “Caupí de Bisuelo”, “Caupí de Caricas del Señor”, “Caupí Cerigüelo”, “Caupí Chicharro Negro”, “Caupí Habichuela (Chicharro)” y “Caupí Judía Culebra” (Egea-Sánchez *et al.* 2008; Centro Zahoz, 2016)

### Alberjones (*Vicia narbonensis* L.):

“Mura” (Centro Zahoz, 2016)

### Altramuz (*Lupinus albus*):

“Altramuz o Chocho”, “Altramuz de Trebujena” y “Chochos del País” (ASAGA 2012 ; RAS 2015; Centro Zahoz 2016)

Almortas (*Lathyrus sativus* L.):

“Muelas”, “Almorta de la Carlota”, “Chicharos Blancos”, “Chicharos Criollo” y “Chicharos Negro” (ASAGA 2012 ; RAS 2015; Centro Zahoz 2016)

Alfalfa (*Medicago sativa* L. ):

“Aragón”, “Navarra”, “Urgei”, “Logroño”, “Mediterránea”, “Tierra de Campos”, “Ampurdán”, “African”, “Alcoroches” y “Velluda peruana”. De la alfalfa mediterránea hemos encontrado a su vez cuatro subecotipos: “Valencia”, “Albaida”, “Totana” y “Picaña” (Hidalgo F., 1965, Guerrero A., 1984).

Veza común (*Vicia sativa* L. ):

“Veza de La Barca de la Florida”, “Veza Andaluza”, “Veza Andaluza Temprana”, “Veza Castellana”, “Veza Piloso de Córdoba”, “Veza de Alozaina” “Veza de Granada” y “Veza de la Barca de La Florida” (Hycka 1980; RAS 2014; RAS 2015)

Yeros (*Vicia ervilia* L.):

“Yero “Erb” de Lérida”, “Yero Americano de Jaén”, “Yero de Jaén”, “Yero de Granada” y “Yero de Almería” (RAS 2014; RAS 2015)

Zulla (*Hedysarum coronarium* L.):

En el libro “La zulla o la Reina de las Forrajeras de Secano” publicado por la Biblioteca Agraria Solariana de Sevilla en 1904, se hace referencia entre las variedades de zulla existentes a la denominada “de flores rojas”. De ella citan que se extiende por donde el olivo y la vid, pudiéndose cultivar sin dificultad en aquellos parajes donde la temperatura no sea inferior a 5-6 grados bajo cero. Posiblemente, a este tipo corresponderán la gran mayoría que se desarrollan de manera espontánea en muchas zonas de la provincia de Cádiz.

“Menorca” (De Olives, 1967)

Esparceta (*Onobrychis vicifolia* ):

“Reznos”, “Mezquita de Jarque”, “Lagueruela”, “Loarre”, “Villahoz”, “Torrecilla de Cameros”, “Graus”, “Tartareu” y “Villahermosa del Rio” (Farouk Demdoum, 2012)

### **10.3. Conservación de variedades locales de leguminosas: *ex situ* e *in situ***

El modelo de agricultura en los últimos tiempos basada en el monocultivo ha llevado al desuso e incluso a la pérdida de variedades que tradicionalmente han sido cultivadas a lo largo de los años. Sin embargo, la adaptación y riqueza de estas variedades las convierte en un elemento básico dentro de un modelo de agricultura sostenible. Por tanto, se hace necesaria su conservación y la pérdida de las que aún persisten. La conservación de las variedades tradicionales se convierte en un proceso que permite retener de forma consciente la diversidad genética existente en las mismas para su uso actual o futuro, existiendo dos estrategias o modelos de conservación, *ex situ* e *in situ*.

#### **10.3.1. Variedades locales conservadas *ex situ***

La conservación *ex situ* se basa en el almacenaje de las semillas de las variedades tradicionales en Bancos de Germoplasma. Estas colecciones de semillas se mantienen, por lo tanto, fuera de su hábitat natural en condiciones de baja temperatura y humedad. El objetivo es mantenerlas vivas durante el mayor tiempo posible. La mayoría de las semillas de leguminosas, al ser ortodoxas<sup>3</sup>, se adaptan perfectamente a este modelo de conservación. La gran ventaja que presentan radica en la posibilidad de concentrar en un mismo espacio físico un gran número de variedades locales, así como la documentación asociada a las mismas y a un costo asumible. Como gran desventaja cabe destacar el hecho de la paralización de la evolución de dichos materiales. Representaría una “foto” de la variabilidad existente que ya no se somete a la presión de selección de su cultivo. Otro problema es la multiplicación de las semillas para su reposición cuando sea necesario, principalmente en las especies predominantemente alógamas donde son requeridos una serie de cuidados para evitar polinizaciones entre distintas variedades. Con este sistema de conservación existen Bancos de Germoplasma públicos, Bancos de Germoplasma privados, Asociaciones y agrupaciones locales con Bancos de Germoplasma, además de colecciones de trabajo de equipo de investigación.

Al margen de otras colecciones existentes de diversa naturaleza que conservan variedades locales de leguminosas, referenciamos en este documento, en la Tabla 3, las existentes en el Inventario Nacional del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF) dependiente del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

---

<sup>3</sup> Semillas ortodoxas son aquellas que sobreviven a la desecación llegando a bajos contenidos de humedad (2-6%).

**Tabla 3.** Número de cultivares primitivos-tradicionales referenciados en el Inventario del Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA.

<b>Especie</b>	<b>Entradas</b>
Alberjones	11
Alfalfa	88
Almortas	209
Altramuces	316
Caupí	132
Esparceta	17
Garbanzos	733
Guisantes	623
Habas	869
Lentejas	358
Titarros	195
Veas	358
Yeros	213

### 10.3.2. Variedades locales conservadas *in situ*

La conservación *in situ* de variedades locales de leguminosas sería aquella que se realiza cultivando éstas en su propio entorno agrícola, donde han desarrollado sus propiedades distintas al haber evolucionado en ellas (Brush, 1991). Bajo este modelo, con su “uso” no sólo conservamos el material genético, sino todo el conocimiento ligado a éstas, y su sistema productivo en el medio rural en el que se integran. La gran desventaja citada en el modelo de conservación *ex situ*, la paralización de la evolución, no sucede en éste. Las variedades siguen evolucionando en sus lugares tradicionales de cultivo.

Existen en España diferentes iniciativas de conservación *in situ* de variedades locales en general, incluyendo variedades locales de leguminosas, principalmente de especies desti-

nadas al consumo humano. La Red de Semillas (<http://www.redsemillas.info/>) “Resembrando e Intercambiando” (RdS) ha trabajado durante los últimos 10 años en reunir esfuerzos para el uso y conservación de la biodiversidad agrícola en el contexto local, estatal e internacional. Desde Andalucía, la Red Andaluza de Semillas promueve el consumo y utilización de variedades locales en general para los consumidores y agricultores ecológicos ([www.Redandaluzadesemillas.org](http://www.Redandaluzadesemillas.org)).

#### **10.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

A priori, todas las variedades locales tienen interés de recuperación, ya que prácticamente todas aportan riqueza y diversidad. En España, las primeras iniciativas encaminadas a la recuperación y conservación de las variedades locales agrícolas las emprendió el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), en 1977. En las últimas décadas han surgido diferentes iniciativas focalizadas en la recuperación, conservación y uso de la biodiversidad agrícola en general y de las variedades locales en particular. En el párrafo anterior ya se nombró a una de ellas, a la Red Resembrando e Intercambiando, de dónde han surgido más de 25 redes de semillas y grupos locales que se encuentran distribuidos por toda España. Éstas contribuyen al uso y conservación de la biodiversidad agrícola, favoreciendo la labor de recuperación, conservación y utilización de las variedades tradicionales, desde modelos participativos.

#### **10.5. Potencial de las variedades locales como fuente de variación.**

No se debe de olvidar que las variedades locales son la base para el desarrollo de nuevas variedades. Su heterogeneidad, variabilidad, adaptabilidad a diferentes ambientes y requerimientos, son clave a la hora de precisar un determinado genotipo con un carácter concreto para obtener el ideotipo de planta perseguido. Por ello, uno de los primeros pasos a la hora de diseñar y desarrollar un programa de mejora es la constitución de una amplia colección de germoplasma, base de la variabilidad necesaria (Sánchez-Monge, 1955). Así por ejemplo, de la variedad de haba Muchamiel han surgido por selección directa sobre esta población diferentes variedades nuevas al cultivarlas en otros ambientes. Tales son los casos de Ramillete y Mahón, adaptadas a Murcia y a Baleares, respectivamente (Mateo-Box, 1957).

#### **10.6. Utilización en programas de mejora**

Tres grandes vías o estrategias se pueden describir en la utilización de las variedades locales en programas de mejora. La primera de ellas sería la introducción directamente de la variedad tradicional. Este suele ser el primer método de mejora descrito en los manuales de Mejora Genética Vegetal (Allard, 1967; Cubero, 1999). Una variedad adaptada a un ambiente determinado, posiblemente responda a su cultivo en un ambiente similar de otra zona geográfica. Otra situación sería cuando una variedad local fuese extraordinaria para su utili-

zación en un determinado ambiente y para un uso específico, pero sólo si se le incorporase un determinado carácter (modificación de ciclo, cambio en el habito de crecimiento, etc.). Y la última vía de utilización sería la recíproca de la anterior, cuando sólo necesitamos un gen que está en la variedad local y deseamos introducirlo en la variedad mejorada. Así, al margen de la utilización de las variedades locales como materia prima para los programas de mejora, que posteriormente se abordará para casos concretos de diferentes programas de mejora de leguminosas, la introducción de variedades locales conservadas en Bancos de Germoplasma es en sí mismo una poderosa herramienta para la mejora y desarrollo de nuestras agriculturas.

Tal vez uno de los mejores ejemplos de utilización de las variedades locales en los programas de mejora fue la caracterización y tipificación de variedades locales de Garbanzo de Fuentesauco de la que se obtuvieron las variedades comerciales “Cucharero” y “Cuáiz”, ambas explotadas por el Consejo Regulador de la IGP Garbanzo de Fuentesauco. En 1994 se sembraron 39 entradas de garbanzo, 20 provenientes del Banco de Germoplasma (CRF) de Madrid y 19 del Banco del ITACyL en Zamadueñas, Valladolid. Tras la caracterización, evaluación, selección de poblaciones y separación de plantas individuales con la imprescindible asistencia de agricultores de Fuentesauco, se llegó a la selección final de cinco líneas. Estas líneas fueron evaluadas a su vez en años posteriores, llegando a la conclusión que a pesar de tener una calidad organoléptica extraordinaria presentaban una gran susceptibilidad a la rabia. Este factor limitante llevó en el año 2000 a reiniciar un proceso de tipificación con la siembra de las 39 poblaciones de garbanzo originales, más otras ocho recogidas en el año 1998 con el objetivo de seleccionar líneas más tolerantes a enfermedades criptogámicas. Finalmente, en 2004 y 2005 se ensayaron nueve líneas en varias localidades y con los datos de las catas, el Consejo Regulador de la actual I.G.P. del Garbanzo de Fuentesauco seleccionó las dos entradas que se remitieron a Registro.

Otro ejemplo son los trabajos de tipificación que se llevaron a cabo de la Lenteja de La Armuña. En este caso, se partió de 37 variedades locales de lenteja macrocarpa recogidas en Salamanca y 11 entradas del CRF de la misma comarca, seleccionándose cinco líneas, que tras la evaluación organoléptica por cata, se remitieron a registro dos de ellas con el nombre de “Almar” y “Guareña”, siendo esta última la finalmente registrada como variedad comercial y explotada por el consejo regulador de la IGP Lenteja de La Armuña.

## 10.7. Logros y perspectivas

### 10.7.1. Logros: sellos de calidad

Las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) e Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP) se han mostrado como unas magníficas herramientas para la conservación-uso y aprovechamiento de variedades locales de leguminosas y de desarrollo de las zonas rurales. Son el reconocimiento de una calidad diferenciada, consecuencia de características propias y diferenciales, debidas al medio geográfico en el que se producen las materias primas, se elaboran los productos, y a la influencia del factor humano que participa en las mismas, aplicables a los productos agrícolas y alimenticios diferentes del vino y de las bebidas espirituosas. El Reglamento (CE) 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012 establece las definiciones de Denominación de Origen Protegida (DOP) y de Indicación Geográfica Protegida (IGP). Una Denominación de Origen Protegida se define como un nombre que identifica un producto originario de un lugar determinado, una región o excepcionalmente un país, cuya calidad o características se deben fundamentalmente o exclusivamente a un medio geográfico particular, con los factores naturales y humanos inherentes a él, y cuyas fases de producción tengan lugar en su totalidad en la zona geográfica definida. Un alimento que tenga este logotipo en su etiqueta nos indica que sus características son especiales gracias al medio en el que se producen, y además su transformación y elaboración se realiza en una zona geográfica concreta (de ahí que la DOP incluya una mención a un lugar específico). Es el sello más exigente.

El sello de Indicación Geográfica Protegida (IGP) es el nombre que identifica un producto originario de un lugar determinado, una región o un país, que posea una cualidad determinada, una reputación u otra característica que pueda atribuirse a su origen geográfico y de cuyas fases de producción, al menos una tenga lugar en la zona geográfica definida. No es necesario que todas las fases de producción sean realizadas en esa zona delimitada, sino sólo el origen del producto.

La Especialidad Tradicional Garantizada (ETG) es otra marca de garantía que hace referencia a que el producto en cuestión es claramente distinto a otros de la misma categoría por composición, por su producción o por su transformación. En el Reglamento (CE) 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios, se establece que se podrán registrar como ETG los nombres que describan un producto o alimento específico que sea el resultado de un método de producción, transformación o composición que correspondan a la práctica tradicional aplicable a ese producto o alimento, o esté producido con materias primas o ingredientes que sean utilizados tradicionalmente. Para que se admita el registro como ETG de un nombre, éste deberá haberse utilizado tradicionalmente para referirse al producto específico, o identificar el carácter tradicional o específico del producto.

IGP de leguminosas existentes:

Alubia de la Bañeza-León

Judías del Barco de Ávila.

Faba Asturiana

Faba Lourenza

Garbanzo de Fuentesauco.

IGP Tierra de Sabor.

Su zona de producción está constituida por 22 términos municipales, situados en el suroeste de la provincia de Zamora, en la cuenca sur del Duero, pertenecientes en gran parte a la comarca de la Guareña.

Lenteja de La Armuña.

IGP Tierra de Sabor. Tal y como consta en el expediente de la denominación específica “Lenteja de La Armuña” son lentejas secas, separadas de la vaina, procedentes de la familia de las leguminosas, de la especie *Lens culinaris* Medicus, de la variedad denominada “Rubia de la Armuña” destinadas al consumo humano.

Lenteja de Tierra de Campos.

Esta lenteja es de pequeño diámetro (3,5-4.5 mm) tomando su cubierta coloración parda con puntos negros. Se cultiva en una zona seleccionada de la comarca de Tierra de Campos que se extiende por las abarca las siguientes comarcas: en la provincia de León: Comarca Esla-Campos y Comarca Sahagún; en la provincia de Palencia: Comarca Campos y Comarca Saldaña-Valdavia; en la provincia de Valladolid: Comarca Centro y Comarca Tierra de Campos; y en la provincia de Zamora: Comarca Campos-Pan.

Garbanzo de Escacena.

Esta IGP ampara garbanzos tipo blanco lechoso envasados como legumbre seca procedentes del fruto de la especie *Cicer arietinum* L. del ecotipo local. La zona de producción de este producto se corresponde con la comarca de “El campo de Tejada” que integra un total de 11 términos municipales, 6 onubenses (Escacena del Campo, Paterna del Campo, Manzanilla, Villalba del Alcor, La Palma del Condado, y Villarrasa) y 5 de la provincia de Sevilla (Castilleja del Campo, Aznalcollar, Sanlúcar la Mayor, Albaida del Aljarafe y Olivares).

Garbanzo de Pedrosillo. Tierra de Sabor.

Ecotipo de garbanzo pedrosillano cultivado en la comarca de La Armuña, en Pedrosillo el Ralo y municipios cercanos.

## 10.7.2. Perspectivas

### *Nuevas Denominaciones de origen*

La creación de marcas o denominaciones de origen ha supuesto una buena solución para atender las necesidades de los consumidores con un producto de alta calidad, las de los productores locales, consiguiendo un diferencial de precio o por lo menos un precio garantizado, a la par que se conserva el medio ambiente y se contribuye a la conservación *in situ* de las variedades tradicionales objeto de marca. En este sentido sería importante seguir el ejemplo para otros productos fomentando las actuaciones que permitan nuevas marcas diferenciadas. Serían muchos los productos a recuperar y desarrollar. Se hará referencia a modo de ejemplo al “Garbanzo Venoso de Cañete” (Córdoba), a las “Habas de Porcuna” (Jaén), etc.

### *Producción Ecológica*

La producción ecológica es un sistema general de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas ambientales, un elevado nivel de biodiversidad, la preservación de recursos naturales, la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y una producción conforme a las preferencias de determinados consumidores por productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales; debiendo basarse fundamentalmente en recursos renovables integrados en sistemas agrícolas locales (REGLAMENTO (CE) N° 834/2007 DEL CONSEJO de 28 de junio de 2007). Las reglas comunes para la producción bajo este modelo productivo están definidas para los productores; siendo éste el rasgo característico que otorga calidad al producto ecológico. Sin embargo no está definido ningún nexo de unión con el territorio, ni con la selección de variedades destinadas a la producción ecológica. El reglamento de Producción ecológica obliga al uso de semillas ecológicas (permite el uso de semillas convencionales en determinados casos), siendo éstas las producidas según el método de producción ecológico. Avanzando más, se pueden definir las variedades ecológicas, como las seleccionadas y producidas para este modelo concreto productivo (Corcoles, 2008). En este contexto, las variedades locales por sus características intrínsecas, son ideales para ser empleadas en Agricultura Ecológica. Contribuyen a aumentar la biodiversidad, mayor adaptación a las condiciones de cultivo ecológicas, llevan ligado el conocimiento tradicional, devuelven la autonomía a los agricultores, son reconocidas como de calidad en el comercio ecológico, su papel potenciador de las economías locales, etc.

## 10.8. Referencias

- Allard RW. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.
- ASAGA .2012. Variedades Agrícolas Tradicionales de Tenerife y La Palma. Ed: ASAGA CANARIA-AGRICOMAC.
- Brush S. 1991. A farmer based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45: 153-165.
- CAP. 2012. Libro Blanco de los Recursos Fitogenéticos con riesgo de erosión en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y divulgación. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera. Sevilla.
- Centro Zahoz, 2016. Catálogo de variedades tradicionales del Zahoz. Centro de Conservación de Etnobotánica y Agrodiversidad de las Sierras de Béjar y Francia. Castilla y León
- Corcoles E, González J, Valero T, López P. 2008. Fomento de variedades locales en agricultura ecológica. Red Andaluza de Semillas “Cultivando Biodiversidad”.
- Cubero JI. 1974. On the evolution of *Vicia faba* L. *Theor. Appl. Genet.* 45: 471.
- Cubero JI. 1994. Traditional varieties of grain legumes for human consumption. pp 289-302. In E. Hernández Bermejo, J León (ed.). *Neglected crops: 1492 from a different perspective*. FAO Plant Production and Protection. Series nº26.
- Cubero JI. 1999. Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones Mundiprensa. Madrid. ISBN: 84-7114-812-9.
- Cubero J I, Nadal S, Moreno MT. 2006. Recursos Fitogenéticos. Editorial Agrícola Española.
- De Olives G. 1967. La zulla. Ministerio de Agricultura. Publicaciones de capacitación agraria. Serie Técnica Nº 23
- Egea-Sánchez JM, Avilés I, Egea-Fernández JM. 2008. Inventario y catalogación de variedades locales de la región de Murcia. Actas del VIII Congreso de SEAE. Bullas. Murcia.
- Farouk Demdoun S. 2012. Caracterización agronómica, genética y composición química de una colección de variedades de esparceta. Tesis Doctoral.
- Guerrero A. 1984. Cultivos herbáceos extensivos. Ed: Mundi-Prensa, 3ª edición.
- Hidalgo F. 1965. Las alfalfas españolas. Ed. Ministerio de Agricultura. Nº 7-65 H
- Hycka M. 1975. Flora espontánea o cultivada como material de partida para la selección y mejora de especies pratenses y forrajeras. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles.* 32: 1385-1396.
- Hycka M. 1980. Veza común, su cultivo y su utilización. Ed: CSIC-Estación Experimental del Aula Dei. Zaragoza
- López Bellido L. 1994. Grain Legumes for animal feed. pp 273-288. In E. Hernández Bermejo, J León (ed.). *Neglected crops: 1492 from a different perspective*. FAO Plant

Production and Protection. Series nº26.

- López Gonzalez P, González Gutiérrez JM, Soriano Niebla JJ, Lamarillo Naranjo JM., 2008. Recursos genéticos de interés agroecológico en Andalucía. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca y RAS
- Mateo Box JM. 1957. Habas de huerta. Hojas divulgadoras. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Coordinación, Crédito y Capacitación Agraria. Sección de capacitación.
- RAS 2014. Informe de la Red de Resiembra e Intercambio de variedades locales de cultivo. Año 2013. Ed: RAS
- RAS 2015. Listado de existencias Banco Local Otoño-Invierno 2015/2016 de la Red de Resiembra e Intercambio de variedades locales de cultivo (Rel). Ed:RAS.
- Sánchez-Monge E. 1955. Fitogenética. Salvat Editores S.A.
- Gutiérrez-Más JC. 1904. La Zulla o la Reina de las forrajeras de secano. Biblioteca Agraria Solariana. Arrebolera 18. Sevilla.

## 11. Vid

---

### **Félix Cabello\*, Gregorio Muñoz Organero, María Allier, Laura Gaforio, Alba Vargas, Victoria de los Ángeles Sáez, Teresa Arroyo y María Teresa de Andrés**

Departamento de Investigación Agroalimentaria, Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA). Comunidad de Madrid. Finca "El Encín" Apdo. 127. Ctra N-II km 38,200. 28800 Alcalá de Henares (Madrid)

\*felix.cabello@madrid.org

#### **11.1. Introducción**

##### **11.1.1. Estudio de las variedades de vid**

##### **11.1.2. Origen de las variedades de vid**

#### **11.2. Principales variedades locales**

#### **11.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

#### **11.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

#### **11.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

##### **11.5.1. Calidad del producto**

##### **11.5.2. Resistencia a enfermedades**

#### **11.6. Utilización en programas de mejora**

#### **11.7. Logros y perspectivas**

#### **11.8. Agradecimientos**

#### **11.9. Referencias**

## 11.1 Introducción

### 11.1.1. Estudio de las variedades de vid

El género *Vitis* es muy complejo, ya que existe un alto número de especies distribuidas en todos los ecosistemas terrestres, abarcando desde climas muy fríos, como *Vitis amurensis*, hasta climas tropicales como *Vitis caribaea*. El género *Vitis* se divide en dos secciones: la sección *Vitis* (con 38 cromosomas, zarcillos bifurcados y corteza exfoliable), al que pertenecen la mayoría de las especies y la sección *Muscadinea* (con 40 cromosomas, zarcillos simples y corteza adherente), que agrupa a algunas especies americanas, siendo la más representativa *Vitis rotundifolia*. La sección *Vitis* tiene tres centros de diversidad fundamentales: Norteamérica, Asia y el Mediterráneo. En la cuenca mediterránea la especie *Vitis vinifera* L., de origen transcaucásico, ha ido evolucionando dando origen a multitud de variedades con las que actualmente se elabora vino así como pasas o que se consumen en fresco.

Las subespecies *Vitis vinifera* subsp. *silvestris* y *Vitis vinifera* subsp. *sativa* se diferencian porque la vid silvestre tiene flores dioicas con pies masculinos y femeninos por separado mientras que la vid cultivada posee flores hermafroditas en la mayoría de los casos y excepcionalmente sólo flores femeninas (como es el caso de la variedad de mesa Ohanes). Las poblaciones actuales de vid silvestre se conservan en hábitats carentes de una intensa actividad antrópica, donde las vides toman como tutor a diversas especies leñosas pertenecientes a géneros tales como *Acer*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Populus*, *Quercus*, *Pinus* y *Ficus*, entre otras lo que les permite captar una intensidad luminosa adecuada. Generalmente estas especies se encuentran en climas húmedos o formando parte de la vegetación de los bosques de ribera siendo la mayor parte de estos suelos fluvisoles. En las áreas coluviales, los suelos más frecuentes son los regosoles. En algunos casos, se desarrollan sobre arnosoles o planosoles formados a partir de arenas cuaternarias, como es el caso de poblaciones que aparecen en el Coto de Doñana o en la zona de la Algaida (Cádiz)



**Figura 1.** Vid silvestre en Ligüerre de Cinca

Las variedades de vid son muy numerosas, entre 10.000 y 20.000 según Hidalgo (1993).; Estudios posteriores acotan este número a unas 5.000 variedades (This *et al.*, 2006). Tanto los movimientos migratorios ancestrales de las variedades, como los realizados en épocas recientes, junto a los intercambios comerciales han permitido la implantación de las variedades más afamadas en todos los rincones del mundo. La problemática se plantea cuando una misma variedad se denomina con diferentes nombres según la zona en la que se cultiva, generando así un número alto de sinonimias o peor aún, cuando aprovechando la fama de una variedad se utiliza su nombre para nombrar a variedades radicalmente distintas, creándose de esta forma una homonimia. Ahora bien, es importante señalar que la variabilidad de los caracteres no sólo se debe al patrimonio hereditario, sino también a la acción antrópica y del medio.

La ampelografía es la ciencia que estudia las variedades de vid. Los estudios de caracterización de variedades en viticultura se basan en la identificación de las diferentes vides cultivadas según una serie de rasgos y características concretas: la forma de la hoja, el racimo y la uva, el color de las bayas, las aptitudes enológicas (contenido de azúcar, acidez, composición fenólica y aromas varietales) y las condiciones agronómicas (vigor, fertilidad, rendimientos, época de maduración, sensibilidad a las enfermedades...). En el estudio de las variedades de vid, ha dado un excelente resultado el uso combinado de descripciones ampelográficas junto con el estudio genético, usando marcadores moleculares como microsatélites o SNPs y todo ello complementado con una amplia revisión bibliográfica.

### **11.1.2. Origen de las variedades de vid.**

El conocimiento del origen y la evolución de las variedades de vid es una tarea muy compleja, llena de importantes lagunas históricas. La causa fundamental es que, aunque existe documentación muy antigua sobre la práctica de la viticultura, así como numerosas descripciones de los vinos que se elaboraban en el pasado, no ocurre lo mismo con los nombres de las cepas, que han evolucionado y cambiado a lo largo de la historia. Para tratar de aclarar cuántas de estas variedades son realmente diferentes se debe llevar a cabo una completa identificación y caracterización de las mismas.

En la zona de Irán e Irak es donde el vino aparece y se extiende a la costa mediterránea, a la zona de Jericó (Palestina). Pero sin duda son los fenicios, desde los puertos de Biblos, Tiro y Sidón, los que dan un primer impulso al cultivo de la vid y a la producción de vino, llevando la cultura vitivinícola a Egipto, Grecia y Turquía. Los griegos popularizan el consumo del vino en los simposios, como medio de socialización al facilitar las relaciones humanas, consecuencia de la desinhibición que produce. Sin embargo, fueron los romanos los que tuvieron un papel predominante en el cultivo y utilización de la vid, extendiendo su cultivo al interior de Europa y hacia el Mediterráneo occidental.

Con el inicio del cristianismo la viticultura queda vinculada a la religión siendo las órdenes monásticas la que conservan la práctica vitícola durante la Edad Media. En España, esta vinculación condicionó la distribución de variedades y métodos de cultivo de la vid en las diferentes regiones peninsulares.

Desde España se extiende el cultivo de la vid hacia América, existiendo constancia de su presencia en América del Sur ya desde 1522 y en México y California desde 1548, gracias a los Franciscanos y Jesuitas que llevaron el vino a las misiones para poder celebrar el sacramento de la eucaristía. Posteriormente, los ingleses introducen la viña en Sudáfrica (1659) y en Australia (1790).

A finales del siglo XIX, en Europa penetró la filoxera proveniente de América del Norte a mediados de dicho siglo y produjo una importantísima pérdida de material vegetal autóctono como consecuencia de la desaparición de millones de hectáreas producida por el ataque del citado insecto. Por esto, para evitar la fuerte erosión genética que se estaba produciendo, se inicia la conservación e identificación de variedades autóctonas de vid en Europa y también en España. Esta conservación se realizó en colecciones *ex situ* ya que en esta época no existía la conciencia de conservación que hay actualmente y solo determinados científicos apreciaron la gravedad de la situación. Esta plaga cambió el actual patrimonio varietal reduciéndose el número de variedades de forma drástica y concentrándose la superficie de cultivo en tres o cuatro variedades por país, las más productivas, de mejor calidad y más resistentes a plagas y enfermedades.

La conservación y propagación de las variedades de vid a lo largo del tiempo ha quedado asegurada por la multiplicación vegetativa y la mejora de las variedades a través de la selección continua de los viticultores en sus viñedos.

Existen tres teorías sobre la domesticación de las vides silvestres para dar lugar a las variedades cultivadas:

La teoría tradicional sobre la domesticación en vid, basada en los textos bíblicos que citan que el cultivo de la vid comenzó después del Diluvio Universal en el monte Ararat situado en Armenia. Esta teoría se ve avalada por restos arqueológicos que establecen que el cultivo de la vid comenzó en la región Transcaucásica. Según esta teoría los cultivares primitivos que fueron domesticados en esa región se multiplicaron mediante sarmientos de forma vegetativa o mediante semillas y se extendieron a lo largo de la cuenca mediterránea del Este al Oeste, y todos los cultivares europeos actuales derivarían de ellos, como consecuencia de las sucesivas oleadas comerciales –o conquistas- de los pueblos fenicio, griego y romano.

La teoría indigenista que sugiere que la vid se domesticó en diferentes momentos y en lugares distintos a lo largo de la cuenca mediterránea. En el caso de la península ibérica existen

vestigios arqueológicos que indican que los íberos y celtas ya cultivaban la vid y obtenían vino antes de la llegada de los fenicios a Iberia.

Una teoría mixta que propone que tras la introducción de la vid domesticada por fenicios y griegos e introducida en Europa Occidental, fueron las vides cultivadas y hermafroditas procedentes de oriente las que se cruzaron con las vides silvestres locales, originándose nuevas variedades más adaptadas a cada entorno.

En la actualidad las vides europeas, con independencia de su origen, se consideran divididas en tres grandes ramas o proles, que obedecen a criterios ecológicos, geográficos y morfológicos:

*Proles Orientalis*, son variedades que se han desarrollado en las zonas de Oriente Medio y Próximo, y a este grupo pertenecen la mayor parte de las variedades de uva de mesa, con bayas gruesas y alargadas.

*Proles Pontica*, implantada originalmente a las orillas del mar Negro, son variedades de vinificación que se expandieron por Europa oriental a través de los Balcanes.

*Proles Occidentalis*, constituida por las variedades de vinificación con racimos pequeños y compactos y que comprende todas las productoras de uva de vino de Europa Occidental.

Es muy posible que estas proles reflejen la forma en que se domesticó la vid con dos o tres eventos simultáneos en el tiempo.

Las diferentes formas de obtención de las variedades cultivadas pueden obedecer a tres orígenes distintos:

Hibridaciones artificiales realizadas por un mejorador entre individuos de la misma especie, o entre distintas especies (en este grupo están gran parte de los patrones de vid y los híbridos productores directos). Actualmente la mejora genética sólo se está empleando para obtener variedades de uva de mesa y variedades de vinificación en climas extremos para la vid, como zonas muy frías o zonas tropicales. Un ejemplo de este tipo de hibridación sería: 'Muller-Thurgau' ('Riesling x Silvaner').

Otros cultivares proceden de hibridaciones naturales, de los cuales se suele ignorar sus antecedentes y son variedades cuya antigüedad puede remontarse a varios siglos. En general proceden de la multiplicación de plantas que se han obtenido de la germinación espontánea de semillas consumidas por humanos o animales. Un ejemplo de hibridación natural sería Cabernet Sauvignon (Cabernet Franc x Sauvignon Blanc).

Las mutaciones y accidentes genéticos que afectan al genoma de la planta a distintos niveles, han originado tanto pequeñas variaciones dentro de una variedad (lo cual genera los diferentes clones de una población varietal) como nuevas variedades, si el cambio es suficientemente grande y se diferencia claramente del original, como sería el caso del grupo Garnacha, donde encontramos con un genoma muy parecido: Garnacha Tinta, Garnacha Blanca, Garnacha Gris (o Rosa) y Garnacha Peluda.



**Figura 2.** Mutaciones de Tempranillo blanco y rojo

Hoy en día la viticultura se concentra en las zonas de climatología mediterránea, aunque actualmente se está extendiendo a nuevos países que inician el cultivo de la vid de forma pujante. Europa tiene el 63% de la superficie de viñedo, seguida por Asia con el 19%, América con el 12%, África con el 4% y Oceanía con el 2%.

Los países de más superficie y producción de vino se presentan en la Tabla 2

**Tabla 2.** La producción mundial de vino en el mundo (fuente OIV, 2010).

País	Superficie		Producción	
	miles de ha	Porcentaje	miles de hl	Porcentaje
España	1.082	14,3	33.999	13,1
Francia	825	10,9	44.963	17,3
Italia	798	10,6	44.840	17,2
Turquía	500	6,6	sin datos	sin datos
China	490	6,5	13.000	5,0
Estados Unidos	398	5,3	19.620	7,5
Portugal	243	3,2	7.133	2,7
Irán	239	3,2	sin datos	sin datos
Argentina	228	3,0	16.250	6,3
Rumanía	205	2,7	3.287	1,3
Chile	200	2,6	8.844	3,4
Australia	170	2,3	11.240	4,3
Sudáfrica	131	1,7	9.327	3,6
Alemania	103	1,33	6.906	2,7

La viticultura española se extiende, en mayor o menor medida, por todas las Comunidades Autónomas ya que es el cuarto cultivo nacional en superficie precedido por los cereales, el olivo y los cultivos forrajeros. En uva de mesa se cultivan más de 33.000 ha de las que el 50% son de regadío y el resto sigue siendo viñedo de secano. Los rendimientos en secano en uva de mesa están en 4.000 Kg/ha y en regadío entorno a los 18.000 Kg/ha, siendo la producción total de España de unos 400.000 tm. En producción comercial hay unas 11.391 ha de uva de mesa en el año 2012. (MAGRAMA 2013) En la producción mundial de uva de mesa la exportación mundial la lidera Chile, con 18,7% de participación en 2011, seguido por Italia, con 13%; Estados Unidos, que alcanzó una participación de 10,8%; Sudáfrica, con 6,4%, y Turquía con 6,2% seguidos de México, Perú, España y China.

## 11.2. Principales variedades locales

La primera lista de variedades españolas que de forma exhaustiva se realizó fue la de **Alonso de Herrera**, que en la publicación de la “*Agricultura General*”, cuya primera edición aparece en 1513, cita las siguientes variedades: Albillo, Torrontés, Moscatel, Cigüente, Jaén, Hebén, Alarije, Malvasía, Lairén, Palomina, Aragonés, Palomina (negra), Tortozón, Herrial, Vinoso, Castellano Blanco, Castellano Negro y Uvas Prietas. Sin lugar a duda se cultivaban y conocían más variedades pero en la región castellano manchega y Extremadura serían la mayoría de las que se cultivaban.

La segunda gran lista nos la proporciona en 1791 **Valcárcel** que, en su obra “*Agricultura General y Gobierno de la Casa de Campo*”, escribe sobre la vid y el vino. En una primera introducción define la *Vitis vinifera* y la diferencia de las *Vitis silvestris* o *Labruscas*, a las que denomina parrizas como nombre vulgar. Basándose en las descripciones de **Alonso de Herrera** (1513), escribe sobre trece variedades, posteriormente menciona las variedades cultivadas en el “Reyno” y menciona en Málaga ocho variedades, en Navarra otras seis, en Valencia menciona de forma más exhaustiva veintiocho variedades y en Aragón otras seis.

La tercera escala en el control del patrimonio varietal de vid española la establece **Clemente**, en su obra “*Ensayo sobre las variedades de la vid común que vegetan en Andalucía*”, publicada en Madrid en 1807, que constituye tal vez el primer estudio riguroso de caracterización de variedades de vid. En este libro describe 119 variedades. Su objetivo es clasificarlas y agruparlas en XVI Tribus. Establece claves dicotómicas para la descripción de la cepa, sarmientos, hojas, flores, racimos y uvas.

Por último, citaremos la obra de **García de los Salmones** que, en su ponencia del Congreso Nacional de Viticultura celebrada en Villaba en 1912, citó una lista con 2.053 nombres de variedades distribuidos por toda la geografía española, de los cuales en la actualidad ya han desaparecido, según los datos que poseen los técnicos del IMIDRA, 723 denominaciones varietales locales.

Este dato nos pone delante de lo que denominamos la erosión genética varietal del viñedo español. El patrimonio genético existente de las variedades autóctonas españolas que han sido cultivadas durante extensos períodos de tiempo, corre en la actualidad peligro de perderse. La reducción del número de variedades cultivadas de vid es un proceso creciente, incrementado por el número relativamente reducido de variedades admitidas en las distintas Denominaciones de Origen.

Con la pérdida de superficie vitícola desaparece la biodiversidad varietal, y el abandono de tierras de cultivo da lugar a suelos fácilmente erosionables. En España se han arrancado en los últimos diez años alrededor de 349.000 ha; además, la reconversión del viñedo está haciendo desaparecer las plantaciones más viejas, que es donde se conserva la mayor parte de la riqueza varietal. Existe, por tanto, un marcado peligro de extinción de variedades autóctonas que han sido cultivadas en distintas regiones vitícolas tradicionales y que en la actualidad se encuentran sólo de modo marginal y en ocasiones resulta muy difícil su localización e identificación. El único modo de conservar este patrimonio es detectarlo, estudiarlo, llevando a cabo una caracterización que permita identificarlo de modo preciso, y conservarlo en bancos de germoplasma para su futura utilización en programas de mejora o en reintroducciones con garantía de autenticidad varietal.

Borrego et al en 1990 abordan por primera vez una ampelografía nacional española describiendo 91 denominaciones varietales de las que son distintas 68 variedades, según datos posteriores del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA).



**Figura 3.** Heben racimo

Según la legislación vigente, únicamente se pueden cultivar en nuestro país aquellas variedades que se encuentran en el *Registro de Variedades Comerciales de Vid de España*. En este Registro se encuentran todas las variedades reconocidas como distintas entre sí, sus denominaciones y sinonimias autorizadas. En la actualidad, en dicho registro existen **238** variedades, de las que **61** son de uva de mesa, **11** de doble aptitud vino/mesa y **166** de vinificación, y que constituyen todas las variedades de uso común que han sido caracterizadas e identificadas.

Existen otras clasificaciones de variedades de vid que se utilizan con otros objetivos, principalmente en el control y autorización de plantaciones para la producción de uva de mesa o vino en las Comunidades Autónomas. Esta es la Lista de Variedades Autorizadas, Recomendadas y de Conservación Vegetal. Se encuentran reguladas por el Real Decreto 1244 /2008, de 18 de julio, por el que se regula el potencial de producción vitícola.. Las variedades recomendadas son aquellas que producen vinos cuya buena calidad esté reconocida; son variedades autorizadas aquellas de las que se obtiene un vino comercial cuya calidad no alcanza a la del vino de las variedades recomendadas; y finalmente, son variedades de conservación vegetal aquellas de las que, sin ser recomendadas ni autorizadas, es aconsejable su conservación dada su antigüedad, interés y adaptación local.

Por su parte, cada Denominación de Origen de Vino recoge en una *Lista de Variedades Autorizadas y Preferentes* seleccionadas para la elaboración de los vinos en cada una de ellas. Las Denominaciones de Origen establecen en sus reglamentos las variedades a cultivar en España en las que existen **70** Denominaciones de Origen que abarcan prácticamente todas las Comunidades Autónomas. Según los estudios realizados por el equipo de viticultura del IMIDRA (Tabla 3), se cultivan **136** variedades de vid en las distintas Denominaciones de Origen españolas, de las cuales **124** de ellas son autóctonas, cultivadas en España desde la antigüedad y con una gran tradición. En algunas Denominaciones de Origen, con el ánimo de mejorar los productos locales, se han introducido variedades foráneas que se han incorporado al patrimonio vitícola español. Actualmente, como variedades autorizadas, aparecen **22** variedades que proceden de otros países, principalmente Francia y Alemania. Algunas, como Cabernet Sauvignon, se ha extendido por casi todas las zonas y actualmente se aprecia cierto incremento de la variedad Syrah.

**Tabla 3.** Lista de las variedades admitidas en D.O. autóctonas españolas y extranjeras (datos propios obtenidos por el IMIDRA unificando sinonimias y aclarando homonimias). (B= blanca; N= tinta; R= rosada).

Variedad	color	Variedad	color
Variedades vinificación autóctonas españolas extranjeras en D.O			
Airén	B	Manto Negro	N
Alarije	B	Mantúo/a	B
Albarín Blanco	B	Marfal	B
Albariño	B	Maturana Blanca	B
Albillo Galicia	B	Maturana Tinta	N
Albillo Mayor	B	Mazuelo	N
Albillo Monte Lentiscal	B	Mencia	N

Albillo Real	B	Merenzao	N
Alcañón	B	Merseguera	B
Baboso Negro	N	Miguel del Arco	N
Bastardo Blanco	B	Molinera	N
Bastardo Negro	N	Moll	B
Beba	B	Mollar Cano	N
Bermejuela	N	Monastrell	N
Bobal	N	Moravia Agria	N
Brancellao	N	Moravia Dulce	N
Bruñal	N	Moristel	N
Caíño Blanco	B	Moscatel de Alejandría	B
Caíño Bravo	N	Moscatel de Grano Menudo	B
Caíño Longo	N	Moscatel de Hamburgo	B
Caíño Tinto	N	Mouratón	N
Callet	N	Negramoll	R
Carrasquin	N	Ondarrabi beltza	N
Castellana Negra	N	Ondarrabi zuri	B
Cayetana Blanca	B	Palomino	B
Coloraillo	N	Palomino Fino	B
Derechero	N	Pardillo	B
Doña Blanca	B	Parellada	B
Doradilla	B	Parraleta	N
Espadeiro	N	Pedral	N
Ferrón	N	Pedro Ximénez	B
Fogoneu	N	Perruno	B
Forastera	B	Picapoll Blanco	B
Forastera Blanca	B	Picapoll Negro	N
Forcallat Blanca	B	Planta Fina de Pedralba	B
Forcallat Tinta	N	Planta Nova	B
Garnacha Blanca	B	Prieto Picudo	N
Garnacha Gris	R	Rojal Tinta	N
Garnacha Peluda	N	Rome	N
Garnacha Roja	R	Rufete	N
Garnacha Tinta	N	Sabro	B

Garnacha Tintorera	N	Sousón	N
Garrido Fino	B	Sumoll Blanco	B
Giró Ros	R	Sumoll Tinto	N
Godello	B	Tempranillo	N
Gorgollassa	N	Tempranillo Blanco	B
Graciano	N	Tinto de la Pámpana Blanca	N
Hondarrabi Beltza	N	Tinto Velasco	N
Jaén Tinto	N	Torrontés	B
Juan Garcia	N	Tortosí	B
Lado	B	Treixadura	B
Listán de Huelva	B	Trepat	R
Listán Negro	N	Verdejo	B
Listán Prieto	N	Verdil	B
Loureira Blanca	B	Vermentino	B
Macabeo	B	Vidadillo	B
Malvar	B	Vijariego Blanco	B
Malvasía Aromática	B	Vinyater	B
Malvasía de Lanzarote	B	Xarel.lo	B
Malvasía Rosada	B	Xarel.lo Rosado	R
Malvasía Volcánica	B	Zalema	B
Variedades vinificación extranjeras en D.O.			
Cabernet Franc	N	Merlot	N
Cabernet Sauvignon	N	Petit Courbu	B
Chardonnay	B	Petit Manseng	B
Chenin Blanc	B	Petit Verdot	N
Colombard	B	Pinot Noir	N
Folle Blanche	B	Riesling	B
Grand Noir	N	Ruby Cabernet	N
Gewürztraminer	R	Sauvignon Blanc	B
Gros Manseng	B	Semillon	B
Hondarrabi Zuri	B	Syrah	N
Malbec	N	Viognier	B

Por otro lado existe lo que definimos como *variedad minoritaria* (Tabla 4), que es aquella variedad cuya superficie de cultivo es muy reducida (por debajo de 1.000 ha. a nivel nacional) y que se citaba como variedad cultivada antes del ataque filoxérico. Para ello, según nuestro criterio, debe encontrarse citada por García de los Salmones en su ponencia del Congreso Nacional de Viticultura de 1912. Las variedades minoritarias son necesarias para diversificar nuestros vinos y darles unas características originales que los haga únicos e inolvidables, actualmente hemos detectado en España 69 variedades que solo conservamos en colección o en plantaciones relicticas siempre multivarietales y de más de 50 años de edad.

### 11.3. Variedades locales conservadas en colecciones

Con el proyecto RF2012-00027-C05-01 “Documentación, caracterización, y racionalización del germoplasma de vid prospectado y conservado en España. Creación de una colección nuclear” se está aclarando la identidad del material vegetal conservado, identificando sinonimias y homonimias, y resolviendo la mayor cantidad posible de dudas existentes en las 18 colecciones, así como en las cuatro prospecciones que se están realizando, abordando de forma global la identificación de las accesiones en las 17 CCAA. Las colecciones activas de vid en España son dos :“La Colección de Vides de El Encín” (Cabello et al 2003) y del “Rancho de la Merced”.



**Figura 4.** Colección de vid en El Encín en otoño

Con la finalidad de recuperar y conservar las variedades minoritarias de España, se han realizado diferentes proyectos de investigación a lo largo de los últimos veinte años. Las primeras iniciativas en España fueron llevadas a cabo por F. Martínez de Toda y J.C. Sancha (1995), en el “Proyecto de Recuperación de variedades minoritarias en La Rioja”. En los últimos años se han desarrollado varios proyectos a nivel nacional financiados por el INIA: VIN00-036 C-06 “Recuperación y estudio de variedades autóctonas minoritarias de vid de previsible interés comercial” y VIN03-002 C-06 “Evaluación vitícola y enológica de variedades autóctonas minoritarias de vid de previsible interés comercial. Difusión y extensión de dichas variedades”. Actualmente se está desarrollando el proyecto RF2012-00027-C05-01

“Documentación, caracterización, y racionalización del germoplasma de vid prospectado y conservado en España. Creación de una colección nuclear”, que se coordina desde el IMIDRA y es financiado por el INIA dentro de la convocatoria Conservación de los Recursos Genéticos de Interés Agroalimentario. El proyecto cuenta con la participación de 25 centros de investigación de las 17 Comunidades Autónomas y un total de 71 investigadores de toda España. A través del mismo está prevista la identificación de 1.728 accesiones de vid de todas las regiones españolas. En esencia, se persigue llegar a la clarificación definitiva de la diversidad de variedades de vid existente en España y completar mediante nuevas prospecciones el patrimonio varietal español.

En España hay 18 colecciones establecidas en 15 CCAA y está previsto el establecimiento de tres colecciones más. Cada CCAA viene prospectando y, depositando el material diferente encontrando en la Colección Activa de Vides de El Encín desde.... Hasta la fecha. Por lo tanto, en España existen 22 equipos trabajando en la prospección, identificación y conservación de variedades de vid. El número total de accesiones conservadas actualmente en colección son 10.599, distribuidas de la siguiente forma (Tabla 5).

Estas 18 colecciones suman un total de 2.802 variedades distintas, lo que sitúa a España a la cabeza mundial en conservación de recursos genéticos en vid.

Actualmente en España se conservan en colección **193** variedades autóctonas de vinificación, de las que **133** son cultivadas y **69** son variedades minoritarias. Los viveros españoles están multiplicando 52 variedades, de las cuales 19 son extranjeras. En uva de mesa se conservan 41 variedades autóctonas. La diversidad de cultivo en España en relación al potencial varietal existente es muy baja. El 95% de la superficie cultivada corresponde a 34 variedades y sólo 9 de ellas ocupan el 80% del total. En Francia hay registradas 463 variedades autóctonas, de las que los viveros multiplican 126, pero al igual que en España sólo 30 variedades ocupan el 95% de la superficie de vid cultivada.

Tabla 4. Lista de las variedades minoritarias autóctonas españolas (datos propios obtenidos por el IMIDRA aclarando sinonimias y homonimias y revisando bibliografía prefiloxérica)

<b>Albillo de Granada</b>	<b>Estaladina/ Pan y Carne</b>	<b>Negreda</b>
Albillo del Pozo	Excursach	Pampolat de Sagunto
Albillo Dorado	Gabriela	Parduca
Allarén	Gallera Roja	Puesto Mayor
Azargón	Garrido Macho	Quiebratinajas Rosa
Batista	Gorgollasa	Quigat
Benedicto	Granadera/Benegral	Rayada Melonera

Blanquiliña	Gualarido	Rocía
Botón de Gato	Hebén	Rubeliza
Cagarrizo	Huevo de Gato Negro	Sabaté
Calabrés	Jarrosuelto	Sanguina
Cañorroyo	Juliana	Señá
Cardeal	Legiruela	Tarragoní
Castañal	Mandón	Terret
Castellana Blanca	Mansés de Tibbus	Terriza
Cherta	Mantúo de Pilas	Tetona
Churriago	Mondragón	Tinta Jeromo
Cojón de Gallo	Montonera	Tinta Redonda
Crepa	Morate	Tinto Bastardo
Cuatendrá	Morenillo	Tortozona Tinta
Dedo de Dama	Moribel	Trobat
Eperó de Gall	Morisca	Verdejo Colorado
Espadeiro Branco	Moscatel de Angüés	Verdejo de Salamanca

**Tabla 5.** Accesiones conservadas en colecciones en España en 2014

1.120	Portainjertos
145	Híbridos productores directos (H.P.D.)
7.105	Viníferas para vino
1.456	Viníferas para mesa
773	Plantas de vides silvestres
10.599	TOTAL

#### 11.4. Variedades locales con interés para su recuperación

Entre las variedades locales de interés destacan variedades gallegas como el Albariño, que en 1990 ocupaba 220 ha y ahora se cultivan más de 5.000 ha (MAGRAMA 2011) Tabla 6, Caiño Blanco, Caiño Tinto, Carrasquín, Férrón, Lado, Pedrol y Sousón. Por otro lado, aparte del aumento de variedades como el Tempranillo y el Cabernet Sauvignon, que han pasado de 45.000 a 250.000 ha y de 2.000 a 22.000 ha respectivamente, se observa un cierto incremento en variedades de La Rioja como son: la Maturana Blanca, Maturana Tinta y Tempranillo Blanco, aunque el mayor incremento ha sido para la variedad Graciano que ha pasado de

255 a 1.800 ha. También hay que destacar el incremento de variedades locales de vino en las Islas Canarias: Castellana Negra, Malvasía Volcánica, Baboso Blanco y Baboso Negro, Listán Prieto y Malvasía Rosada (Zero et al 2006).

Como ya hemos indicado, la diversidad de variedades cultivadas en el viñedo español para la elaboración de vino es escasa y las variedades que están multiplicando los viveros representan sólo un 25% del patrimonio varietal. Existen variedades conocidas autorizadas con muy poca superficie de viñedo y otras también minoritarias pero desconocidas, que forman parte de colecciones y plantaciones multivarietales con una edad superior a los 50 años. Ante esta perspectiva, se han puesto en marcha, desde el año 2000, distintos proyectos de recuperación de variedades minoritarias, tanto conocidas como desconocidas, incidiendo en la búsqueda de variedades tintas con alto contenido polifenólico y variedades blancas con altos niveles aromáticos. Dentro de las características enológicas en uvas tintas, se priman variedades de uvas con hollejos ricos en antocianinas, catequinas, proantocianidinas y estilbenoides (t-resveratrol y moléculas relacionadas), con pulpas de elevados niveles de ésteres de ácidos cinámicos, y semillas con altos contenidos en catequinas y procianidinas. En uvas blancas se busca un mayor contenido en aromas varietales y precursores aromáticos.

En la actualidad se está trabajando con cinco grupos de variedades minoritarias que se está potenciando su cultivo para la elaboración de diferentes tipos de vinos.

**I** Las variedades Malvar, Torrontés de Madrid (Alarije), Tempranillo Blanco y Turruntés se elaboraron mediante la técnica de fermentación en barrica de roble americano y posterior crianza sobre lías durante seis meses, con el removido de lías una vez por semana.

**II** Las variedades Albillo, Moscatel de Grano Menudo y Malvasía Aromática dado su alto contenido en azúcar y su elevado potencial aromático se elaboraron dejando parte del azúcar residual en los vinos de 12 a 40 gr/litro mediante la parada de la fermentación.

**III** Las variedades Maturana Blanca, Albarin Blanco, Lado y Caiño Blanco se elaboraron como vinos blancos jóvenes y frutados con cierta acidez para dar sensación de frescor.

**IV** Las variedades Maturana Tinta, Tintilla de Rota, Rayada Melonera, Garro, Parraleta y Moristel se elaboraron con periodos de crianza en barrica de roble que variaran entre los tres y los seis meses según sean las cosechas y el contenido de polifenoles de los vinos.

**V** Las variedades Monastel, Caiño Tinto, Tinto Castañal, Verdejo Tinto, Vidadillo y Derecho de Muniesa se elaboraron como vinos tintos jóvenes con mucho cuerpo, aromas y una ligera acidez.

Actualmente, a raíz de la realización y difusión de los resultados de los proyectos de Mejora de la Calidad y Competitividad de los Vinos financiados en el año 2000 a 2006 por el INIA, distintas bodegas han comenzado a elaborar vinos con variedades tradicionales que se encuentran en peligro de extinción. Los vinos elaborados con estas variedades han diversificado el mercado del vino y han creado nuevas oportunidades de cultivo en zonas relícticas.

Entre las bodegas que se han lanzado a la recuperación de estas variedades se encuentran por Comunidades Autónomas:

Andalucía: Bodegas J. Ferris, en Rota (Cádiz), empleando Tintilla de Rota (Graciano); Bodegas Thalassa Taller de Vino, S.L., situada en Ronda (Málaga), que elabora vinos de la variedad Doradilla.

Aragón: Bodegas Pirineos, situada en Barbastro (Huesca), apuesta por la variedad Parraleta, variedad que forma parte del vino Marboré, vino que ha recibido diferentes premios en los últimos años.

Madrid: Bodegas Vinos y Aceites Laguna S.L., en Villaconejos (Madrid), que elabora el vino blanco dulce de aguja "Alma" con la variedad Malvar; La SAT nº 008 Viña Bayona, localizada en Titulcia (Madrid), que mediante el empleo de la técnica tradicional "vinos sobremadre" elabora vinos con la variedad Malvar; Bodegas Luis Saavedra, situada en Cenicientos (Madrid) y Bernabeleva, Bodegas Valleyglesias y Bodega Marañones situadas en San Martín de Valdeiglesias (Madrid), elaboran vinos con mezcla de las variedades Albillo Real y Moscatel de Grano Menudo, o monovarietales de Albillo Real recuperando los vinos tradicionales que se elaboraban en el siglo XVII en la zona de San Martín de Valdeiglesias.

La Rioja: Bodegas Viña Ijalba comercializa el primer vino elaborado 100% con Maturana Tinta, con un ligero paso por barrica de roble. La marca comercial es Dionisio Ruiz Ijalba, ahora Bodegas Juan Carlos Sancha elabora Maturana Tinta y Tempranillo Blanco en su marca Ad libitum.

Estos ejemplos reflejan la importancia y el éxito comercial de la recuperación de variedades locales tradicionales de uva de vinificación.

En la uva de mesa las variedades tradicionales ceden paso a las nuevas obtenciones ya que en este sector la tradición carece de protección y sólo las demandas del mercado marcan la tendencia de cultivo. En la actualidad la producción está dirigida a la obtención de uvas crujientes, sin semillas, aromáticas y de colores diversos. Por esto, el cultivo de las variedades tradicionales con semillas se ha reducido a la mínima expresión salvo para la variedad Moscatel de Grano Gordo (=Moscatel de Málaga) y la variedad Aledo que se cultiva en la D.O. Uva de mesa embolsada del Vinalopó. En este caso, su maduración en bolsas de papel

y su genética determina una recolección tardía que permite su disponibilidad en el mercado para el consumo tradicional de Noche Vieja lo que asegura su cultivo y producción. El cultivo de las variedades como Corazón de Cabrito, De Cuerno, Dominga, Ferral, Napoleón, Ohanes, Quiebratinajas, Teta de Vaca y Uva de Olaz está prácticamente abandonado. Estas se cultivaban tradicionalmente en distintas provincias Corazón de Cabrito era la uva de mesa de Jaén y Córdoba, De Cuerno y Ohanes de la zona de Almería, Ferral de Cádiz y Sevilla, Napoleón y Dominga de Murcia, Quiebratinajas de Aragón, Uva de Olaz de Navarra y Teta de Vaca de Toledo y Ciudad Real., En la actualidad sólo en las zonas del interior de Almería se mantiene algo de Ohanes en cultivo ecológico y la De Cuerno se recupera por su crujiente y peculiar forma de la baya.

**Tabla 6.** Evolución de la superficie de las variedades de vid cultivadas en España desde 1990 a 2009.

	2009		1999		1990		1990-2009	
	Superficie	(%)	Sup.	(%)	Sup.	(%)	Sup.	(%)
Albarín Blanco	19	0,00	0	0,00	0	0,00	19	100,00
Albariño	5.490	0,52	222	0,02	220	0,02	5.270	2.495,45
Albillo de Granada	41	0,00	107	0,01	52	0,00	-11	78,85
Albillo Mayor	793	0,08	1.683	0,15	1.143	0,09	-350	69,38
Albillo Real	1.149	0,11	2.319	0,20	1.798	0,14	-649	63,90
Alcañón	10	0,00	55	0,00	38	0,00	-28	26,32
Baboso Blanco	36	0,00	0	0,00	0	0,00	36	100,00
Baboso Negro	60	0,01	0	0,00	0	0,00	60	100,00
Brancellao	20	0,00	0	0,00	3	0,00	17	666,67
Cabernet Sauvignon	22.112	2,11	5.715	0,50	2.090	0,16	20.022	1.057,99
Caíño Blanco	58	0,01	0	0,00	0	0,00	58	100,00
Caíño Tinto	371	0,04	180	0,02	181	0,01	190	204,97
Callet	133	0,01	0	0,00	0	0,00	133	100,00
Carrasquín	27	0,00	0	0,00	0	0,00	27	100,00
Castellana Negra	45	0,00	0	0,00	0	0,00	45	100,00
Derechero de Muniesa	13	0,00	0	0,00	0	0,00	13	100,00
Doradilla	23	0,00	24	0,00	0	0,00	23	100,00
Espadeiro	128	0,01	6	0,00	7	0,00	121	1.828,57
Ferrón	4	0,00	0	0,00	5	0,00	-1	80,00
Graciano	1.816	0,17	370	0,03	255	0,02	1.561	712,16
Lado	1	0,00	0	0,00	0	0,00	1	100,00

Listán Prieto	39	0,00	0	0,00	0	0,00	39	100,00
Loureira	503	0,05	25	0,00	25	0,00	478	2.012,00
Malvar	329	0,03	39	0,00	509	0,04	-180	64,64
Malvasía Aromática	822	0,08	798	0,07	787	0,06	35	104,45
Malvasía Rosada	1	0,00	0	0,00	0	0,00	1	100,00
Malvasía Volcánica	1.170	0,11	1.158	0,10	1.220	0,09	-50	95,90
Maturana Blanca	8	0,00	0	0,00	0	0,00	8	100,00
Maturana Tinta	24	0,00	0	0,00	0	0,00	24	100,00
Moristel	139	0,01	518	0,05	1.532	0,12	-1.393	9,07
Moscatel de Angüés	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Moscatel de Grano Menudo	1.018	0,10	124	0,01	139	0,01	879	732,37
Ondarrabi beltza	7	0,00	7	0,00	7	0,00	0	100,00
Ondarrabi zuri	539	0,05	49	0,00	29	0,00	510	1.858,62
Parraleta	61	0,01	70	0,01	1	0,00	60	6.100,00
Pedrol	76	0,01	0	0,00	1	0,00	75	7.600,00
Puesto Mayor	22	0,00	297	0,03	50	0,00	-28	44,00
Rufete	740	0,07	1.055	0,09	2.454	0,19	-1.714	30,15
Sousón	351	0,03	29	0,00	2	0,00	349	17.550,00
Tempranillo	214.341	20,44	79.487	7,02	45.941	3,48	168.400	466,56
Tempranillo Blanco	8	0,00	0	0,00	0	0,00	8	100,00
Teta de vaca	172	0,02	0	0,00	252	0,00	-80	68,25
Teta de Vaca Blanca	4.570	0,44	4.784	0,42	1.954	0,15	2.616	233,88
Tinto Velasco	2.042	0,19	3.277	0,29	2.944	0,22	-902	69,36
Torrontés	141	0,01	75	0,01	3	0,00	138	4.700,00
Treixadura	907	0,09	160	0,01	22	0,00	885	4.122,73
Verdil	48	0,00	127	0,01	261	0,02	-213	18,39
Vidadillo	803	0,08	0	0,00	2.319	0,18	-1.516	34,63

## **11.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

### **11.5.1. Calidad del producto**

En las variedades de vid de vinificación, las bayas azucaradas y jugosas permiten la elaboración de vinos en buenas condiciones de rendimiento enológico prestándose más atención a las características físico-químicas del mosto. A diferencia de las uvas de mesa que son crujientes menos jugosas donde el aspecto del fruto es un factor predominante en la selección de la variedad.

En las variedades de vinificación la riqueza en azúcar o grado alcohólico probable, el potencial de acidez, y el nivel de polifenoles y sus tipos en las tintas, en las variedades blancas tiene más influencia el sabor y el perfume de una variedad, que pueden caracterizar al mosto, y al vino elaborado a partir de él, estos son los factores determinantes de la calidad.

Las variedades con mayor grado alcohólico en las variedades de vinificación son: Baboso Negro, Moscatel de Grado Menudo, Garnacha, Treixadura, Verdil, Allarén y Puesto Mayor y con menor grado alcohólico son Fogoneu, Giro y Quigat.

Las variedades con mayor acidez en sus mostos son Caiño Tinto, Espadeiro, Godello, Ondarrabi Belza, Sousón, Seña, Pedrol, Carrasquín y Pedral con menor acidez en variedades de vinificación son Malvar, Alcañón, Listan del Condado, Verdíl, Coloraillo, Allarén y Mantuo de Pilas.

Las variedades de mayor aroma son: Moscatel de Grano Menudo, Malvasía Aromática, Malvasía de Lanzarote, Albariño, Albarín Blanco, Maturana Blanca, Lado, Treixadura y Loureira Blanca.

Las variedades con mayor contenido polifenólico son Baboso Negro, Ferrón, Sousón, Ondarra-bi Belza, Maturana Tinta, Gorgollasa, Morisca y Seña.

Como podemos ver existe una amplia diversidad de variedades que alcanzan niveles de alta calidad para cualquiera de los parámetros que necesitemos para elaborar un vino de máxima calidad.

En el caso de la uva de mesa la calidad en la actualidad se centra en buscar variedades de uva blanca, de tamaño grande, semicrujiente y con sabor amoscotelado. España vuelve a recuperar el cultivo de la uva de mesa pero en el futuro será imprescindible diversificar la oferta varietal a disposición del consumidor, y por tanto del agricultor, con nuevas variedades capaces no ya de sustituir a las tradicionales, ya implantadas en los mercados, sino de

conquistar nuevos espacios cerca de consumidores que sepan apreciar en su justa medida las características de calidad que puedan presentar las uvas producidas por las nuevas variedades. Estas nuevas variedades deberán tener características de rendimiento y calidad adecuadas. En la uva de mesa la calidad es un factor fundamental. Combina caracteres relacionados con la baya (en general se prefieren uvas de gran tamaño, sin semilla, crujientes, con colores llamativos y sin machas en la piel, con altos contenidos en azúcares,..), con otros del racimo (tamaño medio-grande, homogéneos y no demasiado compactos) y con una buena evolución post-cosecha.

Las variedades locales se quedan cortas en algunos de los aspectos de calidad que hemos mencionado, existen variedades de varios colores: blancas Corazón de Cabrito, De Cuerno, Dominga, Ohanes; rosas Ferral, Quebratinajas, Teta de Vaca y tintas Napoleón y Uva de Olaz. De formas diversas destacan la uva De Cuerno y Teta de Vaca y como uvas crujientes esta la Teta de Vaca, Ohanes y Uva de Olaz. Con sabor esta la Moscatel de Grano Gordo, lo que no encontramos entre nuestras variedades autóctonas son uvas apirenas.

### **11.5.2. Resistencia a enfermedades**

Actualmente se ha reducido mucho el número y tipo de materias activas para la lucha contra plagas y enfermedades, además la conciencia ambiental hace que se primen los cultivos con residuo cero a la hora del consumo, por ello toma mucha importancia la resistencia a plagas y enfermedades, en el caso de las variedades españolas de vinificación autóctonas, tenemos dos estudios de resistencia a oidio y mildiu.

Las variedades más resistentes a oidio son: Albilló Real, Blanquiliña, Carrasquín, Cuatendrá, Doradilla, Epero de Gall, Fogoneu, Forcallat Tinto, Gorgollasa, Listán Prieto, Mondragón, Ondarrabi Belza, Pampolat Girat, Parduca, Parellada, Pedrol, Perruno, Quigat, Sabate, Seña, Trobat y Viñate.

Las variedades más resistentes a mildiu son Caiño Tinto, Ondarrabi Belza, Sousón, Batista, Carrasquin, Loureiro Blanco, Maturana Blanca, Mencía, Merseguera, Pampolat Girat, Parellada y Sumoll

En general vemos que las variedades cultivadas en las islas Baleares o en el litoral mediterráneo son más resistentes a oidio: Cuatendrá, Doradilla, Epero de Gall, Fogoneu, Gorgollasa, Mondragón, Pampolat Girat, Sabate y Trobat; las variedades resistentes a mildiu son en general de origen gallego o del litoral cantábrico Caiño Tinto, Ondarrabi Belza, Sousón, Carrasquin, Loureiro Blanco, Maturana Blanca y Mencía. La diversidad de climas y la selección natural de los viticultores hace que España sea un país perfecto para generar diversidad en vid, por eso debemos potenciar y proteger las variedades locales.

En uva de mesa tenemos la Ohanes como más resistente a plagas y enfermedades de hecho en Almería se cultiva casi sin empleo de fitosanitarios, necesario para un cultivo con tendencias ecológicas.

## **11.6. Utilización en programas de mejora**

La mejora en la uva de vinificación es prácticamente inexistente porque el cultivo de variedades de vid está totalmente regulado en la UE y no se permite cultivar nuevas variedades que no estén en la Lista de Variedades Comerciales. Esta situación limita mucho el desarrollo de la mejora genética para variedades de vinificación. En uva de mesa la situación es muy distinta se producen nuevas variedades cada año, buscando variedades apirenas resistentes a plagas y enfermedades, en este sentido la empresa mixta ITUM ubicada en Murcia tiene ya más de 12 variedades patentadas. Se producen cruzamientos entre variedades extranjeras de alta calidad de sabores especiales, crujientes y apirenas.

En variedades de vinificación se están produciendo hibridaciones con el fin de posicionarse en supuesto de que se autoricen en Denominaciones de Origen variedades obtenidas por cruzamiento de dos variedades autorizadas en una misma Denominación de Origen. Los cruzamientos que se están produciendo es para obtener variedades tintas de más contenido polifenólico y resistentes a enfermedades así la empresa Viveros Provedo está cruzando Tempranillo por Graciano, Garnacha y Cabernet Sauvignon y actualmente tienen ya pre-seleccionados 15 individuos con buenas características de calidad de vino. Por otro lado el IMIDA está realizando cruzamientos entre Monastrell y Cabernet Sauvignon.

Viveros Rausedo está sacando nuevas líneas de mejora en uvas de vinificación buscando resistencia a mildiu y oidio, en este sentido como ya hemos indicado hay variedades españolas que son resistentes a ambas enfermedades y que tienen niveles de calidad aceptables, así Caiño Tinto es resistente a Mildiu y con un alto contenido polifenólico. Ondarrabi Belza es de alto contenido polifenólico, de elevada acidez, resistente a oidio y a mildiu. Papat Girat es resistente a mildiu y oidio, Gorgollasa tiene alto contenido polifenólico y resistente a oidio, Loureiro Blanca y Maturana Blanca son aromáticas y resistentes a mildiu. Señá es de alto contenido polifenólico y resistente a oidio y Sousón de alto contenido polifenólico y resistente a mildiu.

La mejora genética de variedades de vinificación viene por la explotación de la diversidad genética producida por las mutaciones somáticas de hecho ya se están haciendo selecciones masales de variedades autóctonas para conservar la máxima diversidad dentro de cada variedad así en la variedad Garnacha se han hecho selecciones masales en Rioja, Navarra y Madrid, la variedad Tempranillo esta seleccionada en Rioja, Castilla y León y Madrid, se deben abordar las selecciones de variedades como Airén, Bobal, Monastrell, Cayetana Blanca..

## 11.7. Logros y perspectivas

Con el proyecto que actualmente estamos desarrollando todas las CCAA podremos tener una estimación precisa del material vegetal del que se dispone en España y elaborar una lista precisa de sinonimias y homonimias de las mismas. Esta situación creará una cierta polémica a nivel de las distintas regiones vitivinícolas debido a la adaptación de nombres de las actuales denominaciones de muchas de las variedades de vid; pero creemos que para conseguir un mercado transparente es necesario dar a cada variedad un único nombre, que permita diferenciarla de otras ya que el uso de sinonimias puede llevar a confusión. En este sentido, sólo deberían ser reconocidas como autorizadas sinonimias comprobadas, histórica y extensamente utilizadas. Por ello, proponemos que aunque cada variedad conserve su nombre local para usos comerciales, deberá de estar bien caracterizada a nivel genético y morfológico y admitirse que pueda ser parcial o totalmente coincidente con otra u otras variedades.

Como conclusión final, proponemos la conservación y potenciación de las variedades autóctonas y consideramos que la diversidad genética es suficiente para la elaboración de vino de calidad en España, por lo que creemos innecesaria la introducción de nuevas variedades obtenidas por mejora genética o procedentes de importación de variedades foráneas.

En uva de mesa preservar en colección nuestras variedades autóctonas por si se pueden emplear en nuevos planes de mejora.

## 11.8. Agradecimientos

Al INIA - Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria que desde 2000 al 2016 ha financiado 21 proyectos que nos ha permitido obtener los datos para publicar este capítulo de libro.

## 11.9. Referencias

- Borrego J, Gallego JF, Gómez JL, Martínez MI, Serrano L. 1990. Descripciones ampelográficas nacionales. Comunidad de Madrid Press. Madrid, Spain.
- Cabello F, Rodríguez-Torres I, Muñoz-Organero G, Rubio C, Benito A y García-Beneytez S. 2003. La Colección de Variedades de Vid de “El Encin”. Un recorrido por la Historia de la Ampelografía. Comunidad de Madrid Press. Madrid, Spai
- Clemente S. 1807. Ensayo sobre las variedades de vid común que vegetan en Andalucía. Imprenta de Villalpando Press. Madrid, Spain.
- Gaforio L, García-Muñoz S, Cabello F, Muñoz-Organero G. 2011. Evaluation of usceptibility to powdery mildew (*Erysiphe necator*) in *Vitis vinifera* varieties

- Gaforio L, Cabello F, Muñoz-Organero G. 2015. Evaluation of resistance to downy mildew in grape varieties grown in a Spanish collection. *Vitis* 54 : 187-191.
- García de los Salmones N, Dorronsoro L, Gros J. 1914. Las variedades de vid propias de cada comarca española y sus vinos. Estudio general de conjunto. Congreso Nacional de Viticultura. Pamplona, Spain.
- Herrera A. 1513. Agricultura general que trata de la labranza del campo y sus particularidades, crianza de animales, propiedades de las plantas que en ellas se contienen y virtudes provechosas a la salud humana. Antonio Ribero de Madrid Press. Madrid, Spain.
- Hidalgo L. 1993. Tratado de Viticultura. Mundi-Prensa Press. Madrid, Spain.
- Ibáñez, J.; Muñoz-Organero, G.; Zinelabidine, L.H.; De Andrés, M.T.; Cabello, F.; Martínez-Zapater, J.M. 2012 Genetic Origin of the Grapevine Cultivar Tempranillo. *American Journal of Enology and Viticulture* 63:4 (549-553),
- MARM. 2011. Inventario del Potencial Vitícola Campaña 2008/2009. Ministerio de Medioambiente Rural y Marino Press. Madrid, Spain.
- MAGRAMA. 2013. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos en España (ESYRCE) Analisis de la superficie de viñedo NIPO 280-13-016-9
- This P, Lacombe T, Thomas M.R. 2006. Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *TIG*. 22 (9): 511-519.
- Valcárcel, J.A. (1791). Agricultura general y gobierno de la casa de campo. Tomo VIII. Valencia. 392 pp.
- Viala P, Vermorel V. 1903-1909 *Traité général de viticulture Ampélographie*. Masson et Cie Press. Paris, France.
- Zerolo J, Cabello F, Espino A, Borrego J, Ibáñez J, Rodríguez-Torres I, Muñoz-Organero G, Rubio, C y Hernández M. 2006. Variedades de Vid de cultivo tradicional en Canarias. Instituto Canario de Calidad Agroalimentaria Press. Canarias, Spain.

## **12. Frutales de pepita**

---

**Jorge Urrestarazu<sup>1</sup>, Ana Pina<sup>2</sup>, Mayte Espiau<sup>2</sup> y Pilar Errea<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Pública de Navarra, Departamento de Producción Agraria, Campus de Arrosadía, 31006 Pamplona.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Unidad de Hortofruticultura. Avda Montañana, 930, 50059. Zaragoza.

\* perrea@aragon.es

### **12.1. Introducción**

### **12.2. Principales variedades locales conservadas en los bancos de germoplasma**

#### **12.2.1. Variedades locales de manzano**

#### **12.2.2. Variedades locales de peral**

### **12.3. Variedades locales con interés para su recuperación**

### **12.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

### **12.5. Utilización en programas de mejora**

### **12.6. Logros y perspectivas**

### **12.7. Referencias**

## 12.1. Introducción

Las especies más representativas en España de frutales de pepita son el manzano y el peral, que entre las dos suponen una superficie de cultivo del 30% respecto a la fruta dulce cultivada en España (MAGRAMA <http://magrama.es>). Las dos especies pertenecen a la familia *Rosaceae*, a la subfamilia *Maloideae* y al género *Malus* y *Pyrus* respectivamente. Según la mayoría de autores, el género *Malus* comprende de 25 a 30 especies, entre las que se incluyen dos procedentes de Europa, cuatro de América del Norte y el resto de Asia (Korban, 1986), mientras que el género *Pyrus* abarca a 22 especies primarias distribuidas por Europa, Asia y áreas montañosas del Norte de África (Bell et al., 1996) y, al igual que ocurre en el manzano, todas ellas son interfértiles (Itai, 2007).

La domesticación del manzano se produjo en regiones de Asia Central, y se consideró a *Malus sieversii* como el principal progenitor del manzano cultivado (Vavilov, 1930), hipótesis que ha sido respaldada por recientes estudios morfológicos y moleculares (Coart et al., 2003; Janick y Moore 1996). Sin embargo, otras especies silvestres habrían podido contribuir al proceso de domesticación del manzano, como *Malus prunifolia*, *Malus baccata*, *Malus sylvestris*, *Malus turkmenorum* (Harris et al., 2002). El manzano ya se cultivaba en Grecia desde antes del siglo VI a.C., y posteriormente fueron los romanos los que lo expandieron por toda Europa a través de sus invasiones (Hancock et al., 2008) y desde Europa, a partir del siglo XVI, el cultivo se dispersó a otras partes del mundo. Por su parte, se cree que el género *Pyrus* surgió en las montañas del Oeste de China, y probablemente, a partir de los taxones originarios, se dispersó hacia el Este y Oeste. Los tres centros de diversidad para el peral cultivado fueron China, donde se cultivan *Pyrus pyrifolia* y *Pyrus ussuriensis* y donde se localiza la especie primitiva *Pyrus calleryana*; Asia Central, donde se encuentra *Pyrus communis* y formas intermedias entre *Pyrus communis* y *Pyrus x bretschneider*; y Oriente Próximo (Asia Menor y el Cáucaso) donde también se cultiva *Pyrus communis* (Vavilov, 1930). En el proceso de domesticación del peral, tal y como ocurre en manzano, es muy probable que la hibridación interespecífica haya jugado un papel muy importante. La domesticación del peral comenzó en Asia hace unos 2,000 años, mientras que el cultivo de variedades de peral en Europa se remonta a tan sólo un milenio (Fisher, 2009). Se cree que las áreas de cultivo de peral más importantes de la Edad Media estaban en Bélgica, norte de Francia e Italia, que es donde se encuentran las descripciones más antiguas de variedades de peral (Janick, 2002).

En el caso del manzano, aunque se estima que el número actual de cultivares con importancia económica regional es de más de 6,000 (Hancock et al., 2008), la producción tanto española como mundial de esta especie se reduce en un pequeño número de cultivares. En España concretamente, en el año 2012 el grupo Golden concentró un 56% de la producción y un 33 % en los grupos 'Gala', 'Red Delicious' o 'Fuji' (Iglesias, 2013). En el caso del peral,

la producción en España se encuentra prácticamente concentrada en solo seis cultivares: ‘Conferencia’, que representa el 36% de la producción total entre 2010 y 2012, ‘Blanquilla’ con un 24% y un 26% repartido entre las variedades ‘Limonera’, ‘Ercolini’ y ‘Williams’ (Prognosfruit, 2013). Pese a todo, la variabilidad genética que atesora la especie es alta, llegándose a contabilizar la existencia de más de 3000 cultivares mantenidos en diferentes repositorios de todo el mundo (“Pear Varieties” Usapears.com). Este fenómeno da una idea de la fuerte reducción en la base genética existente entre las variedades cultivadas comercialmente respecto a la potencialidad que presentan estas especies.

Esta fuerte reducción de la base genética en las variedades cultivadas, es en parte fruto de una serie de cambios profundos que se produjeron especialmente a finales del siglo pasado, como fueron la despoblación del medio rural y cambios sociales y económicos con una creciente industrialización y urbanismo. La agricultura se fue transformando hacia una especialización en la producción, y una tendencia a la sustitución de muchos de los cultivos tradicionales por otros mejorados de orígenes diversos y distintos al lugar de cultivo, lo que trajo como consecuencia una fuerte erosión del patrimonio frutal que a lo largo de años fueron desarrollando los agricultores y que permanecieron estables durante largos periodos de tiempo. Estas variedades locales o tradicionales que se originaron en sistemas de agricultura de subsistencia, muestran una mayor adaptación a las condiciones de cultivo propias de cada zona de origen, ya que han sido seleccionadas en la agricultura tradicional buscando su adaptación a las condiciones edafoclimáticas y de patógenos locales (Harlan, 1975) y buscando usos y cualidades específicas que por un lado se ajustaban a las exigencias del agrosistema y por otro diversificaban la base alimentaria de la sociedad rural. Es por ello que las variedades tradicionales contienen una variación genética mucho mayor que las variedades modernas, que han sido seleccionadas por norma general para ofrecer rendimientos óptimos dentro de un rango amplio de condiciones ambientales (Zeven, 1998). Conservar la variabilidad genética contenida en las variedades locales resulta fundamental, pues su pérdida supone una limitación importante de la capacidad de responder a nuevas necesidades y un incremento de la vulnerabilidad de nuestros cultivos frente a cambios ambientales o aparición de nuevas plagas o enfermedades.

## **12.2. Principales variedades locales conservadas en los bancos de germoplasma**

El reconocimiento de la necesidad de evitar la pérdida de genotipos autóctonos susceptibles de ser utilizados en la mejora genética de frutales o incluso directamente en procesos de selección varietal estimuló a diferentes grupos de investigación a acometer programas de prospección, conservación y caracterización de recursos genéticos y su conservación en bancos de germoplasma. La importancia de estos bancos ha aumentado en las últimas décadas, a medida que la agricultura comercial ha hecho desaparecer muchos de los sistemas tradicionales de cultivo que favorecían la diversidad agrícola (Llácer y Badenes, 2010),

convirtiéndose estos bancos en el reservorio y garantía de conservación de las variedades locales y la diversidad contenida en ellas. En España, el INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) coordina el programa para la conservación y utilización de los recursos genéticos vegetales. Dentro del programa, la conservación de los recursos de manzano y peral se realiza de forma descentralizada, en colecciones de campo, ocho colecciones con más de 1500 accesiones en el caso del manzano, y siete con unas 1000 accesiones en peral ([www.inia.es/coleccionescrf/PasaporteCRF.asp](http://www.inia.es/coleccionescrf/PasaporteCRF.asp)). En estas colecciones se ha realizado un importante esfuerzo de caracterización con el objeto de conocer la variabilidad conservada en cada banco y de facilitar el conocimiento de las variedades a los agricultores, mejoradores e investigadores. El interés social y económico de este tipo de trabajos es evidente pues estas variedades tradicionales se han mantenido en cultivo desde muy antiguo por alguna característica determinada, y representan un fondo genético al que los programas de mejora, deben acudir para cubrir necesidades puntuales.

### **12.2.1. Variedades locales de manzano**

La evolución de las variedades locales en el marco productivo español ha variado notablemente en los últimos años. Mientras que en la década de los 60, las variedades españolas constituían el 45% de la producción final de manzana y las del grupo '*Delicious*' solo el 15% (datos de la Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, 1969), a principios de los 70 las variedades americanas ya habían alcanzado alrededor del 60% de la producción y las españolas representaban solo el 24,7% (Puerta-Romero y Veirat, 1971). En esta época Cambra (1975) basándose en los importantes trabajos de Herrero (1964) y de Puerta-Romero y Veirat (1971), clasificaba las variedades cultivadas en variedades principales, donde las americanas '*Starking*', '*Golden Delicious*' y '*Red Delicious*' ocupaban el 56,7% de la superficie plantada de manzanos, y sobresalían las tradicionales como '*Reineta del Canadá*' y '*Verdedoncella*', con el 17,5% de la superficie. Y variedades de importancia relativa, donde se incluían, además de variedades extranjeras, variedades españolas que lograron preponderancia en el pasado y que se encontraban en regresión ('*Roja del Valle de Menejama*', '*Esperiega de Ademuz*', '*Ortell*' y '*Peromingan*'), y variedades prácticamente desaparecidas de las nuevas plantaciones en 1971 ('*Camuesa de Llobregat*', '*Manyaga*' y '*Normanda*'), así como variedades antiguas difundidas en el pasado por los viveros comerciales y cuyo cultivo se redujo a huertos familiares ('*Cirio*', '*Comadre de Aremuz*', '*García*', '*Miguela de Aremuz*', '*Morro de liebre*' (la más extendida) y '*San Felipe*'). Dentro de este grupo se contemplaban las llamadas variedades locales, cuyo cultivo se centraba en comarcas muy definidas y que se caracterizaban por su buena adaptación a sus ecosistemas y podrían tener interés genético en virtud de su adaptación. Se encontraban diseminadas por todas las regiones fruteras españolas, aunque eran especialmente frecuentes en la España húmeda.

### 12.2.2. Variedades locales de peral

Herrero e Iturrioz (1971), basándose en las exhaustivas prospecciones de frutales realizadas por todo el territorio español por los hermanos Cambra entre los años 1959 y 1963, citan las variedades locales más difundidas en ese momento en España, siendo ‘Blanquilla’ y ‘Roma’ las más difundidas por ser cultivadas a nivel comercial en todo el territorio nacional, mientras que otras lo eran de ámbito más regional como ‘Leonardeta’ (‘Magallon’) y ‘Donguindo’ en Aragón y Rioja, ‘Tendral’ de Valencia y ‘Castell’ o ‘Pera de San Juan’ en la zona de Levante, como ejemplos más destacados. Aunque no cultivadas a nivel comercial, algunas variedades locales destacadas en varias comunidades en esa época eran ‘Azúcar Verde’, ‘Bergamota de Verano’, ‘Donguindo’, ‘Gamusinas’, ‘Imperial de Carne Roja’, ‘Limón de Verano’ y ‘De la Reina’. Además, en algunas comarcas definidas se encontraban variedades de importancia local y con características especiales en su adaptación, como ‘Cristal’ (en Sierra de Gredos) que presenta cierta resistencia a heladas primaverales, o variedades con bajas necesidades en frío como ‘Blanca’, ‘Calabazate’, ‘Roja’ (Islas Canarias), ‘Ciprés’, ‘Cubillana’, ‘Membrilla’, ‘Reina’, ‘Sanlúcar’ y ‘Vinoso’ (Huelva), ‘Agua Tardía’ (Baleares), ‘Campmaña’, ‘Jardín’, ‘Llusieta’ y ‘Pau Torrenta’ (Barcelona) o ‘Tendral de Reus’ (Tarragona). En la actualidad, las variedades locales forman parte del mayor porcentaje de entradas conservadas en los bancos de germoplasma de todo el mundo.

Los principales bancos de germoplasma de pepita en Europa se encuentran en el Reino Unido (National Fruits Collections Imperial College, University of London), en Francia (INRA, Angers), Alemania (Institute of Fruit Breeding, Dresden-Pillnitz), Italia (Istituto Sperimentale per la Frutticoltura, ISF) y Bélgica (CRA de Gembloux). En España Los principales bancos de germoplasma de manzano se localizan en CIAM, UPNA, Serida, CITA, EEAD, UdL y Canarias (tabla1), recogiendo un total de 1685 accesiones de manzano y las de peral en CIAM, CITA, UPNA, UdL, y Canarias, con un total 1002 accesiones de peral y representan la práctica totalidad de la variabilidad conservada del manzano y peral en España (Datos del inventario nacional del CRF).

**Tabla 1.** Datos del inventario nacional – Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF-INIA).

Institución	Manzano		Peral	
	nº de accesiones	accesiones locales*	nº de accesiones	accesiones locales*
CIAM (Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo)	407	407	246	246
Universidad Pública de Navarra (UPNA)	356	342	15	15
Serida	354	234	-	-
CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria Aragón)	198	198	309	200
Universidad de Lleida	114	108	170	170
La Palma, Tenerife y Gran Canaria	108	105	215	215
Instituto Técnico Agrario de Castilla y León	73	73	47	47
Estación experimental de Aula Dei (EEAD)	70	66	-	-
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de Sevilla	5	5	-	-
<b>Total</b>	<b>1685</b>	<b>1538</b>	<b>1002</b>	<b>893</b>

\*accesiones prospectadas como locales

La colección de cultivares de pepita del CIAM (Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, A Coruña) fue establecida entre los años 1978 y 1981, y actualmente incluye 407 accesiones de manzano y 246 accesiones de peral, todas ellas procedentes de las cuatro provincias de Galicia. En colaboración con la USC, se caracterizaron estas accesiones y permitieron conocer la variabilidad existente, identificar las repeticiones y clasificar los cultivares atendiendo a los principales orígenes de variabilidad (Dos Santos et al., 2011, Díaz-Hernández et al., 2003, Pereira-Lorenzo et al., 2007). Las evaluaciones realizadas por la USC incluyeron también las accesiones de Canarias (Cabildos de Tenerife, La Palma y Gran Canarias) (Pereira-Lorenzo et al., 2008). La colección de la UPNA se inició en 1985 realizando prospecciones por las comarcas de la Montaña y de la Zona Media de la provincia, creando una colección que actualmente está formada por 356 accesiones de manzano y 15 de peral. En el manzano las caracterizaciones se han realizado de forma coordinada con las colecciones de la Universidad de Lérida y de la EEAD (Urrestarazu et al., 2012) y en peral, con la colecciones de la UdL (Miranda et al., 2010). En el CITA las colecciones de

manzano y peral incluyen tanto germoplasma local como variedades comerciales utilizadas como referencia en los ensayos de la OEVV (en el caso del peral).

La colección de peral tiene su origen en las prospecciones originales de material vegetal de Herrero et al (1964), siendo la colección de referencia de germoplasma de peral en España y para la OEVV. En la actualidad la colección comprende un total de 309 variedades de las que 200 son de origen Español. Los trabajos de recuperación de material local tanto de manzano como de peral procedentes de huertos familiares en cultivo o en fase desaparición, se iniciaron en el 2001 y enriqueció estas colecciones, habiéndose caracterizado molecularmente en la actualidad un total de 183 entradas de manzano procedentes de zonas de montaña abandonadas (Pina et al., 2014) y 124 de peral. La colección de manzano del Serida se inició a principios de la década de los años 50 en la que, además de las variedades prospectadas, se incluyeron variedades procedentes de la Estación de Fruticultura de Logroño, la Estación Experimental de Aula Dei del CSIC (Zaragoza) y de centros de investigación de Francia, EEUU, Rusia, Dinamarca e Inglaterra, e incluyen variedades de especial interés agronómico y tecnológico, que han sido incluidas en la D.O.P. Sidra de Asturias (Dapena et al., 2015, Dapena y Fernandez, 2009). También ha servido de base para el desarrollo de un programa de mejora genética orientado a mejorar la resistencia y calidad del fruto e incorporar mecanismos que permitan una mayor precocidad y regularidad de producción. Las colecciones del ITACYL y de Sevilla son las más recientes, y comenzaron en 2008 y 2011 respectivamente, y están formadas por accesiones recuperadas en las comarcas de ambas comunidades. Las colecciones de manzano de los bancos de germoplasma del CITA, EEAD, SERIDA, UdL, UPNA y USC fueron incluidas en el proyecto “Armonización de la metodología de caracterización, evaluación de la diversidad genética y definición de la colección nuclear de germoplasma de manzano conservado en los bancos de germoplasma españoles” (RF2011-00017-C05), cuya ejecución ha permitido caracterizar fenotípicamente mediante una metodología común y objetiva alrededor de 1600 accesiones conservadas en estos 6 bancos, identificarlas genotípicamente y establecer su grado de relación con las variedades originadas en otras regiones europeas y mundiales (Miranda *et al*, 2015; Pereira-Lorenzo *et al*, 2014). Estos resultados han permitido conocer la variabilidad conservada en cada banco y de esta manera abordar en un futuro una estrategia de conservación eficiente del germoplasma de manzano conservado en la red de colecciones, en la que se identifiquen las accesiones con mayor interés de conservación y determine su ubicación.

### **12.3. Variedades locales con interés para su recuperación**

Uno de los principales intereses de la recuperación de las variedades locales, es el de preservar la diversidad genética y evitar la desaparición de un material potencialmente interesante y que puede aportar un alto valor genético a las colecciones actualmente existentes. Estas variedades representan un fondo genético al que los programas de mejora deben acudir para cubrir necesidades puntuales. Las variedades locales son una fuente de resis-

tencias a la cual recurrir en primer término, antes de buscar dentro de la variabilidad existente en las zonas de origen de la especie, o en otras especies silvestres emparentadas. Los objetivos más citados por los responsables de los programas de mejora de frutales son: la calidad del fruto, la resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, y mejorar el calendario de comercialización (Llácer, 2005). Otros objetivos, en función de la especie, son mejorar la adaptación climática, mejorar la conservación y el manejo de la fruta durante la postcosecha, la calidad de los productos orientada a la salud (obtención de productos con más proteínas, vitaminas, mejores cualidades organolépticas, etc.). Estos caracteres son los que determinan la necesidad de recuperar, conservar y caracterizar las variedades locales, y busquemos en ellas las características que marcan las líneas actuales de la mejora.

En el caso del manzano, el mayor interés de los mejoradores y que ha centrado la innovación varietal del manzano en las últimas tres décadas ha sido, ampliar el calendario de maduración, mejorar la coloración de los frutos y su presentación en cuanto a calibre y menor sensibilidad al ruseting, así como mejorar la calidad gustativa y características nutraceuticas (Iglesias, 2009). En cuanto a resistencia a enfermedades, la resistencia al moteado es a la que mayor esfuerzo se ha dedicado (Iglesias y Alegre, 2010). Concretamente en manzano, se ha realizado un importante esfuerzo de valoración de resistencias a moteado y fuego bacteriano (Martínez-Bilbao *et al*, 2012) que ofrece interesantes posibilidades a la hora de incorporarlas a los programas de mejora de manzana de mesa. Además, en el SERIDA se ha trabajado en la mejora de variedades locales de interés de donde se han obtenido materiales resistentes al moteado y tolerantes al fuego bacteriano y al pulgón ceniciento en el programa de mejora de variedades de manzano del SERIDA (Dapena y Blázquez, 2004). En el caso del peral, la obtención de nuevas variedades con características diferenciales a las existentes en cuanto a la apariencia y la introducción de resistencias a enfermedades, en particular, el fuego bacteriano y plagas, han sido los objetivos más destacados (Musacchi, 2006, Dondini y Sansavini, 2012). Además de estos objetivos, la buena adaptación a los condicionantes climáticos, hábito compacto de vegetación y vigor reducido, buena calidad gustativa y productividad, y maduración en épocas no cubiertas por las variedades actuales son también factores que han determinado la introducción de nuevas variedades.

#### **12.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

La conservación de los recursos genéticos sólo cumple con su propósito cuando se gestionan y utilizan de una manera eficiente, para lo cual es preciso conocer la extensión y estructura de la diversidad genética del material que se conserva (Urrestarazu *et al.*, 2015). El uso de marcadores moleculares permite detectar las redundancias que aparecen inevitablemente dentro y entre las colecciones. Por otra parte, la información obtenida mediante marcadores permite responder a cuestiones referentes sobre la identidad genética y relaciones existentes entre el material, pero también puede ser utilizada para dilucidar cómo se estructura la diversidad presente en las colecciones de germoplasma.

Diversos estudios llevados a cabo en los últimos años evaluando la diversidad genética en colecciones españolas de manzano y peral han puesto de manifiesto la gran variabilidad y heterogeneidad del material que se preserva. En manzano y peral, se ha analizado mediante marcadores microsatélites el material conservado en colecciones situadas en el Noreste español (Miranda et al., 2010, Pina et al., 2014, Urrestarazu et al., 2012, 2015), Noroeste (Dos Santos et al., 2011, Pereira-Lorenzo et al., 2007, Ramos-Cabrer et al., 2008) y Canarias (Pereira-Lorenzo et al., 2008). En dichos estudios, y para ambas especies, se ha evidenciado que una parte importante del material español se estructura en grupos diferenciados de material procedente de otras regiones geográficas, así como del núcleo de variedades en las que se basa la producción actual. La existencia de ‘genepools’ de material español muy diferenciados de otros conformados por material de otros orígenes podría constituir una buena oportunidad para seleccionar de entre los genotipos autóctonos aquellos de mayor interés para estudiarlos en profundidad y valorar su potencial para incluirlos en programas de mejora. A pesar de que muchas de estas variedades se cultivaban desde muy antiguo en áreas concretas, desde un punto de vista estrictamente productivo, muchas no se adaptarían bien a los sistemas de cultivo actuales. Sin embargo, este material podría representar un fondo genético con gran potencial para la mejora de determinados caracteres.

La conservación de variedades tradicionales en colecciones debe considerarse como un conjunto de diversidad no suficientemente explorada por el momento, pero que puede ser muy útil para programas de mejora en años futuros. Los avances que se producen en este campo se basan sobre la diversidad disponible, por tanto, un papel crucial de los bancos de germoplasma además de preservar la variación genética existente en una especie, es hacerla accesible a mejoradores, productores y otros usuarios clave. Para conseguir este objetivo, la optimización de metodologías estandarizadas y empleo de criterios comunes entre las colecciones que preservan una misma especie es de gran importancia, ya que permite valorar de forma objetiva las características y el nivel real de diversidad del germoplasma conservado. En este sentido, cabe destacar el esfuerzo realizado dentro del marco del proyecto nacional financiado por el INIA (RF2011-00017-C05-00) en el que se ha establecido una metodología común para el análisis molecular de las colecciones españolas de manzano con el objetivo de evaluar la diversidad y estructura genética en el conjunto de colecciones (Miranda et al., 2014, Pereira-Lorenzo et al., 2014, 2015), poniendo en común 13 SSR en los que se incluían 11 de los recomendados por el grupo *Malus/Pyrus* del ECP/GR (Lateur et al., 2013).

En el caso del peral, no se han realizado aún trabajos coordinados de este tipo, pero sería deseable impulsar una iniciativa similar al objeto de conocer en profundidad el germoplasma de peral así como el nivel de diversidad que realmente existe en nuestras colecciones.

## 12.5. Utilización en programas de mejora

Las herramientas genéticas y genómicas actualmente disponibles permiten descifrar de una forma precisa el determinismo genético de caracteres de interés agronómico (calidad, resistencia a plagas y enfermedades, producción), conocer el número de genes implicados en el control de un carácter específico, cuantificar su contribución relativa sobre la variación fenotípica total observada, así como localizar su posición exacta en el genoma de la especie.

En el manzano, los avances tecnológicos en el campo de la genómica han culminado en la secuenciación del genoma de 'Golden Delicious' (Velasco et al., 2010). La disponibilidad de la secuencia del genoma del manzano está causando una revolución en la investigación en dicha especie ya que proporciona nuevas herramientas para identificar genes y otros elementos funcionales que permiten el estudio de la evolución de la estructura del genoma, así como la implementación de métodos más eficientes y rápidos en la mejora de la especie (Troggio et al., 2012). Posteriormente, en peral, fueron secuenciados los genomas de 'Bartlett' (*Pyrus communis* L.) (Chagné et al., 2014) y de 'Dangshansuli' (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) (Wu et al., 2013).

Uno de los objetivos principales de la genética es la dilucidación del control genético de la variación fenotípica de los caracteres agronómicos/productivos y de calidad más importantes en términos económicos, o lo que es lo mismo, la asociación de la variación fenotípica natural a cambios en el ADN. Este objetivo se ha llevado a cabo tradicionalmente mediante poblaciones biparentales que segregan para el carácter en estudio con el fin último de identificar cosegregación entre marcadores genéticos y fenotipos en cada familia ("*linkage mapping*"). En este método se estima la asociación no aleatoria de marcadores con el carácter a lo largo del genoma, no necesariamente en el mismo cromosoma. La identificación de QTLs mediante este método se ha utilizado frecuentemente en frutales, tanto de hueso como de pepita (Rai y Shekhawat, 2015). La identificación de QTLs en manzano mediante "*linkage mapping*" llevada a cabo en las dos últimas décadas se ha basado en no más de 30 poblaciones biparentales, las cuales en muchas ocasiones compartían entre sí un parental y en muchos casos una gran parte de los parentales incluidos estaban estrechamente relacionados en términos de parentesco. Por ello, sólo una pequeña fracción de la variabilidad genética existente en la especie ha sido considerada hasta el momento para la disección del control genético de caracteres cuantitativos, y por tanto, los QTLs identificados (y alelos potencialmente favorables) representan únicamente un subconjunto reducido de aquellos potencialmente presentes que podrían emplearse con alta fiabilidad en selección asistida por marcadores (MAS) (Troggio et al., 2012, Zhu et al., 2008). La misma situación ocurre en peral, o incluso más extrema, ya que la base genética de la mayoría de los materiales evaluados hasta el momento es muy estrecha, ya que se basa en un número muy limitado de variedades muchos de ellos relacionados entre sí (Dondini y Sansavini, 2012). La aplicación

de selección asistida por marcadores (MAS) e identificación de QTLs en frutales de pepita se ha centrado mayoritariamente en caracteres relacionados con calidad del fruto, resistencia a plagas y enfermedades, y producción. Una revisión de los artículos publicados en los últimos años indica que el control genético de una gran parte de los caracteres adaptativos, asociados a la productividad y calidad es cuantitativo en ambas especies (Tabla 2 y 3).

Otra alternativa complementaria al “*linkage mapping*” que en los últimos años está comenzando a emplearse en manzano gracias al rápido desarrollo de modernas técnicas de genotipado y a la existencia de un genoma de referencia es la identificación de QTLs vía “*association mapping*”. Éste método explota el desequilibrio de ligamiento (LD) presente entre individuos presumiblemente no relacionados en colecciones de germoplasma (Aranzana et al., 2005, Neale y Savolainen 2004, Myles et al., 2009). Las colecciones de germoplasma contienen una variación genética mucho mayor que las poblaciones biparentales; por tanto, varios caracteres de interés pueden estudiarse en el mismo conjunto de individuos utilizando los mismos datos genotípicos. En manzano, en los últimos años se está empezando a emplear con éxito “*association mapping*”, y ha permitido por ejemplo la identificación de regiones genómicas relacionadas con la firmeza del fruto (Cevik et al., 2010), con periodos de floración y maduración (Muranty et al., 2015) o con diversos compuestos asociados con el sabor (Cappellin et al., 2015). La aplicación de este método requiere de un genotipado de alta densidad que proporcione una cobertura suficiente a lo largo de todo el genoma para asegurar que cada QTL esté en desequilibrio de ligamiento al menos con un marcador (Muranty et al., 2015). En manzano, se comercializan dos chips de SNP de media densidad, el IRSC 8K Infinium® (Chagné et al., 2012a) y el 20K Infinium® (Bianco et al., 2014). Estos chips se han utilizado con éxito en la construcción de mapas de ligamiento de alta densidad en progenies de manzano (Antanaviciute et al., 2012, Clark et al., 2014), en la identificación de QTLs en poblaciones biparentales (Falginella et al., 2015), para la implementación de selección genómica (Genomic Selection\_GS) (Kumar et al., 2012) o para resolver pedigrís (Pikunova et al., 2014). Sin embargo, y principalmente debido a que el LD decae muy rápidamente en manzano (Leforestier et al., 2015, Kumar et al., 2014), los mencionados chips no ofrecen una densidad de marcadores suficiente para llevar a cabo *association mapping* en manzano. Por ello, muy recientemente se ha diseñado un chip de alta densidad Axiom® Apple480K (Bianco et al., 2015). En peral aún no hay disponible comercialmente ningún chip de SNP. Por otro lado, la alta eficiencia ofrecida mediante técnicas de secuenciación de nueva generación (NGS), posibilita llevar a cabo comparaciones entre cultivares y elaborar mapas genéticos de alta resolución mediante genotipado por secuenciación (GBS\_Genotyping by sequencing). Recientemente, se han desarrollado un gran número de SNPs en manzano y en peral basándose en esta tecnología (Deng et al., 2014, Gardner et al., 2014).

Una nueva metodología en plantas que puede tener gran impacto en la mejora de frutales de pepita, es la selección genómica (GS, Genome Selection), combinando información fenotípica y genotípica. En selección genómica se estima el valor de un individuo basado en

su información genética, teniendo en cuenta todos los marcadores a la vez y no sólo unos pocos como se hace en MAS. La base de la selección genómica está en la implantación de nuevas plataformas de genotipado y en los nuevos métodos de secuenciación capaces de generar un elevado número de marcadores que cubran todo del genoma. En selección genómica se utilizan dos poblaciones distintas, por un lado está la de población de entrenamiento 'training', que es genotipada a escala genómica con un número elevado de marcadores y fenotipada con detalle en ensayos repetidos para los caracteres de interés en el programa. La información derivada de la población de entrenamiento es la que se utiliza para seleccionar candidatos en función de su genotipo en la población de selección. El éxito de la selección genómica no sólo se basa en los avances genómicos, sino que requiere del desarrollo de tecnologías de fenotipado a gran escala (fenómica \_phenomics) para establecer estos modelos y llevar a cabo con éxito los procesos de GS (Troppa et al., 2013). Aunque es una metodología reciente en plantas, ya se está aplicando en la práctica. En manzano, los primeros estudios utilizan 1200 individuos en la población de entrenamiento, genotipada usando el chip IRSC 8K Infinium®, y ponen de manifiesto que la selección genómica es una alternativa a la selección convencional para caracteres de calidad de fruto (Kumar et al., 2012). Recientemente, otro estudio en manzano utilizó como población de entrenamiento 977 individuos procedentes de 20 familias emparentadas (Muranty et al., 2015), genotipadas con SNPs del chip ilumina 20K SNP, a partir de los cuales hay que ajustar los modelos para predecir el potencial genético de distintos individuos, sin tener que evaluarlos fenotípicamente en campo. En peral se ha propuesto un método para predecir la segregación de determinados caracteres utilizando una población de entrenamiento con 84 cultivares, el cual se aplicó a una población F1 de mejora real procedente del cruce 'Akiakari' y 'Taihaku' (Iwata et al., 2013) Los resultados obtenidos apuntan a la eficiencia de la predicción genómica para acelerar los programas de mejora en frutales que requieren vencer el largo periodo de juvenilidad y extensivos costes de fenotipado.

**Tabla 2.** Ejemplo de algunos QTLs localizados recientemente en mapas de manzano y carácter cartografiado relacionados con calidad de fruto, resistencia a plagas y enfermedades y desarrollo del árbol.

Carácter estudiado		Poblaciones	Referencias
Calidad y características del fruto	Contenido polifenoles	'Royal Gala' x 'Braeburn' 'X5210' x 'X8402'	Chagné et al., 2012b Verdu et al., 2014
	Azúcares y sólidos solubles	'Jiguan' x 'Wangshanhong'	Ma et al., 2016
	Acidez	'Royal Gala' x 'PI 613988' 'Jonathan' x 'Golden Delicious'	Xu et al., 2012 Zhang et al., 2012
	Ruseting	'Renetta Grigia di Torriana' x 'Golden Delicious'	Falginella et al., 2015
	Browning	'Fuji' x 'Pink Lady' 'Golden Delicious' x 'Braeburn'	Di Guardo et al., 2013
	Forma, tamaño	'Co-op 17' x 'Co-op 16'	Potts et al., 2014
Postcosecha	Textura y conservación	'X3259' ('Chantecler' x 'Coop-17') x 'X3263' ('Red Winter' x ('Idared' x 'Prima'))	Ben Sadok et al., 2015
	Producción etileno	'Golden Delicious' x 'Braeburn'	Costa et al., 2014
Resistencia a plagas y enfermedades	Fuego bacteriano	'Idared' x 'MAL0991'	Wöhner et al., 2014
		'MAL0045' x 'Idared'	Emeriewen et al., 2014;
		'Coop16' x 'Coop17'	Khan et al., 2013
		'Malling 9' X 'Robusta 5' 'Idared' X 'Robusta 5' 'Ottawa3' X 'Robusta5'	Gardiner et al., 2012
	Moteado	'MM106' x 'Evereste'	Durel et al., 2009
		'Gala' x 'Dulmener Rosenapfel'	Soufflet-Freslon et al., 2008
		'Fiesta' x 'Discovery'	Liebhart et al., 2003
Desarrollo del árbol	Fenología	'Starkrimson' and 'Granny Smith'. X3263' x 'Belréne'	Celton et al., 2011
	Salida de reposo	'Golden Delicious' x 'Anna' 'Golden Delicious' x 'Sharpe's Early'	van Dyk et al., 2010
	Hábito columnar	'Fuji' x 'NYCO7-G' 'Telamon' x 'Braeburn' 'Pinova' x 'NYCO7-G' 'Fiesta' x 'Totem'	Bai et al., 2012

**Tabla 3.** Ejemplo de algunos QTLs localizados recientemente en mapas de peral y carácter cartografiado relacionados con calidad de fruto, resistencia a plagas y enfermedades y desarrollo de árbol.

Carácter estudiado		Poblaciones	Referencias
Calidad y características del fruto	Color piel, pulpa, peso fruto, firmeza, maduración, sólidos solubles, tamaño, etc	'Bayuehong' x 'Dangshan-suli'	Wu et al., 2014
		'Akiakari' x 'Taihaku'	Yamamoto et al., 2014
		'Bayuehong' x 'Dangshan-suli'	Zhang et al., 2013
Postcosecha	Decoloración	'POP356' x 'POP369'	Saeed et al., 2014
Resistencia a plagas y enfermedades	Fuego bacteriano	'Passe Crassane' x 'Harrow Sweet'	Le Roux et al., 2012
		'Doyenne du Comice' x 'P. ussuriensis'	Bokszczanin et al., 2009
	Moteado	'Angélys' x 'P3480'	Perchepied et al., 2015
		'Euras' x 'P2896'	
	Cacopsylla pyri	'Euras' x 'P3480'	Dondini et al., 2015
		'PEAR1' x 'PEAR2'	
Desarrollo del árbol	Vigor	'PEAR3' x 'Moonglow'	Montanari et al., 2015
		'NY10353' x 'Doyenne du Comice'	Dondini et al., 2015
		'Old Home' x 'Louise Bonne de Jersey'	Knabel et al., 2015

## 12.6. Logros y perspectivas

Actualmente, la producción de manzana de mesa en España se encuentra en un proceso de cambio caracterizado por una redistribución de las especies frutales cultivadas. Y con un sector productor/comercializador que debe hacer frente a las masivas importaciones de otros países mucho más competitivos por la mayor calidad que ofrecen (Iglesias y Alegre, 2010). En peral, una de las principales amenazas es la difusión del fuego bacteriano, que junto con la resistencia al moteado y adaptación a condiciones climáticas son las principales actuaciones a abordar en un futuro cercano. Uno de los aspectos que determina la tolerancia de las variedades a una determinada plaga o enfermedad es el grado de adaptación de la misma a las condiciones ambientales y de cultivo. Una variedad bien adaptada se defiende mejor de los ataques e infecciones de los patógenos, por lo que las variedades locales tradicionales adquieren para este carácter un alto valor estratégico. Así mismo, los principales programas de mejora de frutales están incorporando entre sus objetivos la obtención de variedades de alto valor gustativo, que ofrezcan sensaciones nuevas y que, si es posible, presenten características visuales distintas de las ya existentes (Royo et al., 2008). En peral, buena

parte de las nuevas variedades son fácilmente diferenciables a simple vista de las “de toda la vida” gracias a su epidermis, bien sea porque está completamente cubierta de russeting (‘Angelys’, ‘Uta’) o por presentar coloraciones rojas (como ‘Homored’, ‘Red Satin’, ‘Carmen’, ‘Turandot’, ‘Thimo’, ‘Hortensia’, etc.). Esta forma de hacer fácilmente reconocibles nuevas variedades que presentan características gustativas diferentes también es muy utilizada en manzano, en el que variedades rojas o bicolors de reciente introducción en el mercado europeo como son ‘Fuji’, ‘Braeburn’, ‘Elstar’, ‘Pink Lady’, ‘Ariane’ son identificables a simple vista. Para ello se parte de variedades modernas a las que se les trata de mejorar mediante la incorporación de parte del genoma de variedades generalmente tradicionales de las que se trata de aprovechar sus “novedosos” sabores y aromas e, incluso el aspecto. En peral, las nuevas variedades rojas se han conseguido mediante cruces entre variedades muy difundidas como ‘Limonera’, ‘Decana’ o ‘Conferencia’ y otras locales, como ‘Bella di Giugno’, ‘Nain Vert’, ‘Nordhäuser Winterforelle’, entre otras. En manzano, se está comenzando a explotar la tremenda variabilidad en formas, colores y características gustativas de los frutos existentes en las variedades locales y antiguas conservadas en los bancos de germoplasma de toda Europa y América.

Las variedades tradicionales presentan un fondo genético capaz de proporcionar características de interés para relanzar la competitividad de las nuevas plantaciones en estas especies, proporcionar resistencias y baja sensibilidad a las principales plagas, buena coloración y calidad organolépticas buscando calidad gustativa y cualidades nutraceuticas. Pero para optimizar y relanzar todo el potencial presente en las variedades tradicionales, y facilitar el conocimiento de estas variedades a mejoradores e investigadores, es necesario conocer la biodiversidad contenida en los diferentes bancos, armonizar las caracterizaciones y metodologías que permitan identificar el material único y relevante dentro del germoplasma mantenido en las colecciones, y en las que se identifiquen las accesiones con mayor interés de conservación y evaluar adecuadamente el grado de novedad e interés para la red de colecciones que aportan las nuevas accesiones prospectadas en cada una de ellas. La reciente secuenciación del genoma del manzano (Velasco et al., 2010) y peral (Chagné et al., 2014, Wu et al., 2013) ha facilitado enormemente la localización e identificación de genes involucrados en caracteres de interés agronómico. El conocimiento previo de la variación en las secuencias génicas y genómicas constituye un paso previo para asociarlo con la variedad fenotípica que se observa en los cultivos de peral y manzano, lo que resulta esencial para su mejora. Es necesario destacar que los avances conseguidos en el ámbito de la elaboración de mapas de ligamiento y, más recientemente en la cartografía de asociación, contribuyen a incrementar constantemente el número de marcadores moleculares útiles para la mejora de frutales de pepita, brindando estimaciones mucho más precisas en cuanto a la cantidad de loci, los efectos alélicos y la acción genética que controlan las características de interés. Asimismo, la identificación de genotipos mediante técnicas de secuenciación a gran escala (NGS-Next Generation Sequencing), que incluye la resecuenciación de individuos, la selección asistida por marcadores (MAS), el análisis del transcriptomas, EST y selección

genómica, son algunos ejemplos de las nuevas herramientas genómicas que están revolucionando la totalidad de la caracterización genética de colecciones de germoplasma. (Rai y Shekhawar, 2015). Todas estas técnicas biotecnológicas de identificación rápida de variantes del genoma permitirán relacionar la variación genética contenida en estas variedades locales con características fenotípicas de interés, como adaptación al cambio climático y caracteres de calidad, y de esta manera la puesta en valor de los recursos genéticos de estos frutales de pepita contenidos en las distintas colecciones.

## 12.7. Referencias

- Antanaviciute L, Fernández-Fernández F, Jansen J, Banchi E, Evans KM, Viola R, Velasco R, Dunwell JM, Troggio M, Sargent DJ. 2012. Development of a dense SNP-based linkage map of an apple rootstock progeny using the *Malus* Infinium whole genome genotyping array. *BMC. Genomics* 13: 203.
- Aranzana MJ, Kim S, Zhao K, Bakker E, Horton M, Jakob K, Lister C, Molitor J, Shindo C, Tang C, Toomajian C, Traw B, Zheng H, Bergelson J, Dean C, Marjoram P, Nordborg M. 2005. Genome-wide association mapping in *Arabidopsis* identifies previously known flowering time and pathogen resistance genes. *Plos. Genet.* 1 (5). DOI: 10.1371/journal.pgen.0010060.
- Bai T, Zhu Y, Fernández-Fernández F, Keulemans J, Brown S, Xu K. 2012. Fine genetic mapping of the Co locus controlling columnar growth habit in apple. *Mol. Genet. Genomics.* 287: 437–450.
- Bell RL, Quamme HA, Layne REC, Skirvin RM. 1996. Pears. En: Janick J. and Moore JN (eds.) *Fruit Breeding, Volume I: Tree and Tropical Fruits.* John Wiley & Sons, Inc., pp. 441–514.
- Ben Sadok I, Tiecher A, Galvez-Lopez D, Lahaye M, Lasserre-Zuber P, Bruneau M, Hanteville S, Robic R, Cournol R, Laurens F. 2015. Apple fruit texture QTLs: year and cold storage effects on sensory and instrumental traits. *Tree. Genet. Genomes* 11: 119.
- Bianco L, Cestaro A, Sargent DJ, Banchi E, Derdak S, Di Guardo M, Salvi S, Jansen J, Viola R, Gut I, Laurens F, Chagné D, Velasco R, van de Weg E, Troggio M. 2014. Development and validation of a 20K single nucleotide polymorphism (SNP) whole genome genotyping array for apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Plos. One.* 9(10).
- Bianco L, Durel HE, Micheletti D, Linsmith G, Cestaro A, Di Guardo M, Kerschbamer E, Di Pierro E, Banchi E, Muranty H, Laurens F, Van de Weg E, Velasco R, Troggio M. 2015. A high density genotyping tool (20K/487K SNP chips and apple genome improvement). XIV Eucarpia Fruit Breeding and Genetics Symposium. Abstract Book. 45. Bologna, Italy.
- Bokszczanin K, Dondini L, Przybyla. 2009. First report on the presence of fire blight resistance in linkage group 11 of *Pyrus ussuriensis* Maxim. *J. Appl. Genet.* 50: 99-103.
- Cambra R. 1975. Evolución de la estructura varietal del manzano en España. *ITEA* 17: 11- 21.

- Cappellin L, Farneti B, Di Guardo M, Busatto N, Khomenko I, Romano A, Velasco R, Costa G, Biasioli F, Costa F. 2015. QTL Analysis coupled with PTR-ToF-MS and candidate gene-based association mapping validate the role of Md-AAT1 as a major gene in the control of flavor in apple fruit. *Plant. Mol. Biol. Reporter*. 33: 239-252.
- Celton JM, Martinez S, Jammes MJ, Bechti A, Salvi S, Legave JM, Costes E. 2011. Deciphering the genetic determinism of bud phenology in apple progenies: A new insight into chilling and heat requirement effects on flowering dates and positional candidate genes. *New. Phytol*. 192: 378-392.
- Cevik V, Cevik V, Ryder CD, Popovich A, Manning K, King GJ, Seymour GB. 2010. A fruitful-like gene is associated with genetic variation for fruit flesh firmness in apple (*Malus x domestica* Borkh.) *Tree. Genet. Genomes*. 6: 271–279.
- Chagné D, Crowhurst RN, Troggio M, Davey MW, Gilmore B, Lawley C, Vanderzande S, Hellens RP, Kumar S, Cestaro A, Velasco R, Main D, Rees JD, Iezzoni A, Mockler T, Wilhelm L, van de Weg E, Gardiner SE, Bassil N, Peace C. 2012a. Genome-wide SNP detection, validation, and development of an 8K SNP array for apple. *PLoS One*; 7. e31745.
- Chagné D, Krieger C, Rassam M, Sullivan M, Fraser J, André C, Pindo M, Troggio M, Gardiner SE, Henry RA, Allan AC, McGhie TK, Laing WA. 2012b. QTL and candidate gene mapping for polyphenolic composition in apple fruit. *BMC. Plant. Biol*. 12, 12.
- Chagné D, Crowhurst RN, Pindo M, Thrimawithana A, Deng C, Ireland H, Fiers M, Dzierzon H, Cestaro A, Fontana P, Bianco L, Lu A, Storey R, Knäbel M, Saeed M., Montanari S, Kim YK, Nicolini D, Larger S, Stefani E, Allan A, Bowen J, Harvey I, Johnston J, Malnoy M, Troggio M, Percepied L, Sawyer G, Wiedow C, Won K, Viola R, Hellens RP, Brewer L, Bus VGM, Schaffer RJ, Gardiner SE, Velasco R. 2014. The draft genome sequence of European pear (*Pyrus communis* L. ‘Bartlett’). *PLoS ONE* 9(4): e92644. doi:10.1371/journal.pone.0092644.
- Clark MD, Schmitz CA, Rosyara UR, Luby JJ, Bradeen JM. 2014. A consensus ‘Honeycrisp’ apple (*Malus domestica*) genetic linkage map from three fullsib progeny populations. *Tree. Genet. Genomes* 10: 627-639.
- Coart E, Vekemans X, Smulders MJM, Wagner I, van Huylenbroeck J, van Bockstaele E, Roldán-Ruiz I. 2003. Genetic variation in the endangered wild apple [*Malus sylvestris* (L.) Mill.] in Belgium as revealed by amplified fragment length polymorphism and microsatellite markers. *Mol. Ecol*. 12: 845–857.
- Costa F, Cappellin L, Farneti B, Tadiello A, Romano A, Soukoulis C, Sansavini S, Velasco R, Biasioli F. 2014. Advances in QTL mapping for ethylene production in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Postharvest. Biol. Tec*. 87: 126-132
- Dapena E, Blázquez MD. 2004. Improvement of the resistance to scab, rosy apple aphid and fire blight in a breeding programme of cider apple cultivars. *Acta Hort*. 263: 725-727
- Dapena E, Fernández M. 2009. Guía de descripción de caracteres. 72pp En: Dapena, E., Blázquez, M.D. Descripción de las variedades de manzana de la D.O.P Sidra de

- Asturias. SERIDA. Asturgraf 5480/09
- Dapena E, Blazquez MD, Fernandez M. 2015. Recursos fitogenéticos de manzano de sidra y de mesa. *Tec. Agroalim.* 15: 20-26.
  - Deng CH, Hilario E, Datson P, Gardiner SE, Barron L, Kirk Ch, Kumar S, Tahir J, Silva Nd, Chagne D. 2015. Genotyping by sequencing in fruit tree species. XII Plant and animal genome. San Diego, USA.
  - Di Guardo M, Tadiello A, Farneti B, Lorenz G, Masuero D, Vrhovsek U, Costa G, Velasco R, Costa F. 2013. A multidisciplinary approach providing new insight into fruit flesh browning physiology in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Plos one* 8:e78004
  - Diaz-Hernandez B, Ciordia-Ara M, Coque-Fuertes M, Pereira-Lorenzo S. 2003. Agronomic behaviour of six Asturian apple (*Malus x domestica*) cultivars for cider production over two rootstocks. *J. Am. Pom. Soc.* 57: 121-127.
  - Dondini L, Sansavini S. 2012. European pear. Chapter 11. Vol. 8. pp. 369–413. In: Badenes, M.L., Byrne, D. (Eds.), *Handbook of Plant Breeding, Fruit Breeding*, Springer-Verlag New York Inc., NY, USA.
  - Dondini L, De Franceschi P, Ancarani V, Civolani S, Fano EA, Musacchi S. 2015. Identification of a QTL for psylla resistance in pear via genome scanning approach. *Sci Hort.* 197: 568–572.
  - Dos Santos ARF, Ramos-Cabrer AM, Diaz-Hernandez M, Pereira-Lorenzo S. 2011. Genetic variability and diversification process in local pear cultivars from northwestern Spain using microsatellites. *Tree Genet Genomes* 7(5): 1041-1056
  - Durel CE, Denancé C, Brisset MN. 2009. Two distinct major QTL for resistance to fire blight co-localize on linkage group 12 in apple genotypes ‘Evereste’ and *Malus floribunda* clone 821. *Genome* 52: 139-147.
  - Emeriewen OF, Richter K, Hanke MV, Malnoy M, Peil A. 2014. The fire blight resistance QTL of *Malus fusca* (Mfu10) is affected but not broken down by the highly virulent Canadian *Erwinia amylovora* strain E2002A European. *J. Plant. Pathol.* 141:631-635.
  - Falginella L, Cipriani G, Monte C, Gregori R, Testolin R, Velasco R, Troggio M, Tartarini S. 2015. A major QTL controlling apple skin russetting maps on the linkage group 12 of ‘Renetta Grigia di Torriana’. *BMC. Plant. Biol.* 2015: 150.
  - Fisher M. 2009. Pear Breeding. En S. Mohanjain, P. Pryadarshan (Eds.) *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species* (págs. 1-26). New York: Springer.
  - Gardiner SE, Norelli JL, Silva ND, Fazio G, Peil A, Malnoy M, Horner M, Bowatte D, Carlisle C, Wiedow C, Wan Y, Bassett CL, Baldo AM, Celton, JM, Richter K, Aldwinckle HS, Bus VGM. 2012. Putative resistance gene markers associated with quantitative trait loci for fire blight resistance in *Malus* ‘Robusta 5’ accessions. *BMC. Genet.* 13: 25.
  - Gardner KM, Brown P, Cooke TF, Cann S, Costa F, Bustamante C, Velasco R, Troggio M, Myles S. 2014. Fast and cost-effective genetic mapping in apple using next-generation sequencing. *Genes. Genomes. Genet.* 4: 1681-1687.
  - Hancock JF, Luby JJ, Brown SK, Lobos GA. 2008. Apples. En J.F. Hancock (ed.), 1-38. *Temperate fruit crop breeding. Germplasm to genomics.* Springer, The Netherlands.

- Harlan JR. 1975. Our vanishing genetic resources. *Science* 188: 618–621.
- Harris SA, Robinson JP, Juniper BE. 2002. Genetic clues to the origin of the apple. *Trends Genet.* 18: 426–430.
- Herrero J, Iturrioz M. 1971. Variedades de peral en España. *An. Estac. Exp. Aula Dei* 11: 200-266.
- Herrero J. 1964. Cartografía de Frutales de Hueso y Pepita. *Pomona Hispánica. Estación Experimental de aula Dei. Zaragoza.*
- Iglesias I. 2013. Situación e innovación varietal en manzano y peral en España. *Vida Rural, Sept, 2013: 36-42.*
- Iglesias I, Alegre S, 2010. Manzano. En: *La fruticultura del siglo XXI en España.* Eds: Hueso Martin, JJ y Cuevas Gonzalez J. *Serie Agricultura, 10: 27-56.*
- Iwata H, Hayashi T, Terakami S, Takada N, Saito T, Yamamoto T. 2013. Genomic prediction of trait segregation in a progeny population: a case study of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*). *BMC. Genetics.* 14: 81.
- Janick J, Moore JN. 1996. *Fruit Breeding (3 vol.).* Wiley, New York.
- Khan MA, Zhao YF, Korban SS. 2013. Identification of genetic loci associated with fire blight resistance in *Malus* through combined use of QTL and association mapping. *Physiol. Plantarum.* 148:344-353.
- Knäbel M, Friend AP, Palmer JW, Diack R, Wiedow C, Alspach P, Deng C, Gardiner SE, Tustin DS, Schaffer R, Foster T, Chagné D. 2015. Genetic control of pear rootstock-induced dwarfing and precocity is linked to a chromosomal region syntenic to the apple Dw1 loci. *BMC. Plant. Biol.* 22: 15:230.
- Korban SS. 1986. Interspecific hybridization in *Malus*. *Hortscience* 21:41-48
- Kumar S, Bink MCAM, Volz RK, Bus VGM, Chagne D. 2012. Towards genomic selection in apple (*Malus domestica* Borkh.) breeding programmes: prospects, challenges and strategies. *Tree Genet. Genomes.* 8(1): 1-14.
- Kumar S, Raulier P, Chagné D, Whitworth C. 2014. Molecular-level and trait-level differentiation between the cultivated apple (*Malus x domestica* Borkh.) and its main progenitor *Malus sieversii*. *Plant Genet. Res.* 12: 330–340.
- Lateur M., Ordidge M., Engels J., Lipman E. 2013. Report of a Working Group on *Malus/Pyrus*. *Bioversity International, Roma, Italia, 44p.*
- Le Roux, PMF ; Christen, D ; Duffy, B; Tartarini, S ; Dondini, L; Yamamoto, T ; Nishitani, C ; Terakami, S ; Lespinasse, Y ; Kellerhals, M ; Patocchi, A. 2012. Redefinition of the map position and validation of a major *quantitative trait locus for fire blight resistance of the pear cultivar 'Harrow Sweet' (Pyrus communis L.)*. *Plant. Breeding* 131: 656-664.
- Leforestier D, Ravon E, Muranty H, Cornille A, Lemaire C, Giraud T, Durel CE, Branca A. 2015. Genomic basis of the differences between cider and dessert apple varieties. *Evol. Appl.* 8: 650-661.
- Liebhard R, Koller B, Patocchi A, Kellerhals M, Pfammatter W, Jermini M, Gessler C. 2003. Mapping quantitative field resistance against apple scab in a 'Fiesta' x 'Discovery' progeny. *Phytopathology.* 93:493-501.

- Llácer G. 2005. Problemática actual de la mejora genética de frutales en España. ITEA 101: 364-372.
- Llácer G, Badenes ML. 2010. La conservación de plantas de multiplicación vegetativa. Capítulo 5. En: Mejora genética y recursos fitogenéticos: Nuevos avances en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos. Eds: Carrillo JM, Díez MJ, Pérez de la Vega M., y Nuez F: 175-210.
- Ma B, Zhao S, Wu B, Wang D, Peng Q, Owiti A, Fang T, Liao L, Ogutu C, Korban SS, Li S, Han Y. 2016. Construction of a high density linkage map and its application in the identification of QTLs for soluble sugar and organic acid components in apple. *Tree. Genet. Genomes*. 12: 1-10.
- Martínez-Bilbao A, Ortiz-Barredo A, Montesinos E, Murillo J. 2012. *Venturia inaequalis* resistance in local Spanish cider apple germplasm under controlled and field conditions. *Euphytica* 188: 273–283.
- Miranda C, Urrestarazu J, Santesteban LG, Urbina V, Royo JB. 2010. Genetic diversity and structure in a collection of ancient Spanish pear cultivars assessed by microsatellite markers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 135: 428-437.
- Miranda C, Pereira-Lorenzo S., Ramos-Cabrera A.M., Urrestarazu J., Pina, A., Díaz-Hernández M.B. Santesteban L.G., Laquidain M.J., Dapena E., Errea P., Sanzol J., Urbina V., Dalmases J., Blanco A., Moreno M.A., Gogorcena Y., Royo J.B. 2014. Diversidad genética de las colecciones españolas de manzano evaluada con SSR. *Acta Hort.* 69: 57-58.
- Miranda C, Dapena E, Urbina V, Pereira-Lorenzo S, Errea P, Moreno MA, Urrestarazu J, Fernández M, Ramos-Cabrera AM, Díaz-Hernández MB, Pina A, Santesteban LG, Laquidain MJ, Dalmases J, Espiau MT, Reig G, Gogorcena Y, Ascasisbar J, Royo JB. 2015. Development of a standardized methodology for phenotypical characterizations in apple. XIV Eucarpia Fruit Breeding and Genetics Symposium. Bolonia, Italia. 14-18 Junio, 2015
- Montanari S, Guérif P, Ravon E, Denancé C, Muranty H, Robert P, Percheviel L Durel CE Velasco R, Chagné D. 2015. Genetic mapping of *Cacopsylla pyri* resistance in an interspecific pear (*Pyrus* spp.) population. *Tree. Genet. Genomes*. 11: 74.
- Muranty H, Urrestarazu J, Denance C, Leforestier D, Ravon E, Guyader A, Guisnel R, Feugey L, Tartarini S, Dondini L, Gregori R, Lateur M, Houben P, Sedlak J, Paprestein F, Ordidge M, Nybom H, Garcava-Gustavsson L, Troglio M, Bianco L, Velasco R, Bink MCAM, Laurens F, Durel CE. 2015. Genome wide association study of two phenology traits (flowering time and maturity date) in apple. XIV Eucarpia Fruit Breeding and Genetics Symposium. Abstract Book. 54. Bologna, Italy.
- Musacchi S, Ancarani V, Sansavini S. 2006. Qualità e resistenza alle malattie nei programmi di miglioramento genetico a Bologna. *Riv. Fruttic.* 10: 20-23.
- Myles S, Peiffer J, Brown PJ, Ersoz ES, Zhang ZW, Costich DE, Buckler ES. 2009. Association mapping: critical considerations shift from genotyping to experimental design. *The Plant Cell* 21: 2194-2202.

- Neale DB, Savolainen O. 2004. Association genetics of complex traits in conifers. *Trends. Plant. Sci.* 9: 325-330.
- Perchepped L, Leforestier D, Ravon E, Guerif P, Denance C, Tellier M, Terakami S, Yamamoto T, Chevalier M, Lespinasse Y, Durel CE. 2015. Genetic mapping and pyramiding of two new pear scab resistance QTLs. *Mol. Breeding.* 35: 197.
- Pereira-Lorenzo S, Ramos-Cabrer AM, Díaz-Hernández MB. 2007. Evaluation of genetic identity and variation of local apple cultivars (*Malus x domestica*) from Spain using microsatellite markers. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 54: 405-429.
- Pereira-Lorenzo S, Ramos-Cabrer AM, González-Díaz J, Díaz-Hernández MB. 2008. Genetic assessment of local apple cultivars from La Palma, Spain, using simple sequence repeats (SSRs). *Sci. Hort.* 117: 160-166.
- Pereira-Lorenzo S, Miranda C, Ramos-Cabrer AM, Urrestarazu J, Pina A, Diaz-Hernandez MB, Santesteban LG, Laquidáin MJ, Errea P, Sanzol J, Urbina V, Dalmases J, Blanco A, Moreno MA, Gogorcena Y, Royo JB. 2014. Genetic diversity of the Spanish apple genetic resources using SSRs. 7th International Rosaceae Genomics Conference, Abstract Book. 111. Seattle, Washington State (USA).
- Pereira-Lorenzo S., Miranda C., Errea P., Dapena E., Moreno M.A., Ramos-Cabrer A.M., Urrestarazu J., Pina A., Llamero N., Diaz-Hernandez M.B., Santesteban L.G., Laquidain M.J., Sanzol J., Gogorcena Y., Urbina V., Dalmases J., Royo J. B. 2015. Genetic diversity and structure of the Spanish apple genetic resources inferred using SSRs. XIV Eucarpia Fruit Breeding and Genetics Symposium. Abstract Book. 141. Bolonia, Italia.
- Pina P, Urrestarazu J, Errea P. 2014. Analysis of the genetic diversity of local apple cultivars from mountainous areas from Aragon (Northeastern Spain). *Scientia Horti.* 174: 1–9.
- Pikunova A, Madduri M, Sedov E, Noordijk Y, Peil A, Troglio M, Bus VGM, Visser RGF, van de Weg E. 2014. ‘Schmidt’s Antonovka’ is identical to ‘Common Antonovka’, an apple cultivar widely used in Russia in breeding for biotic and abiotic stresses. *Tree. Genet. Genomes* 10: 261–271.
- Potts SM, Khan MA, Han Y, Kushad MM, Korban SS. 2014. Identification of Quantitative Trait Loci (QTLs) for fruit Quality Traits Loci (QTLs) for Fruit in Apple. *Plant. Mol. Biol. Rep.* 32:109-116.
- Prognosfruit, 2013 . [www.prognosfruit.eu](http://www.prognosfruit.eu)
- Puerta-Romero J, Veirat P, 1971. Situación y posibilidades del cultivo frutal en España. *Estrucutra Actual del cultivo. I Congreso Nacional frutícola de Lerida*
- Rai MK, Shekhawat NS. 2015. Genomic resources in fruit plants: an assessment of current status. *Cr. Rev. Biotechn.* 35: 4, 438-447
- Ramos-Cabrer AM, Diaz-Hernandez MB, Pereira-Lorenzo S. 2007. Morphology and microsatellites in Spanish apple collections. *J. Hort. Scien Biotech.* 82:257-265
- Royo B, Miranda C, Santesteban J. 2008. Selección y mejora de variedades locales de frutales y leñosas. En: *Manual para la utilización y conservación de variedades locales de cultivo, Frutales y leñosas* Ed: Red andaluza de semillas.

- Saeed M, Brewer LC, Johnston J, McGhie TK, Gardiner SE, Heyes JA, Chagné D 2014. Genetic, metabolite and developmental determinism of fruit friction discolouration in pear. *BMC. Plant. Biol.* 14: 241.
- Soufflet-Freslon V, Gianfranceschi L, Patocchi A, Durel CE. 2008. Inheritance studies of apple scab resistance and identification of Rvi14, a new major gene that acts together with other broad-spectrum QTL. *Genome* 51: 657-667.
- Troggio M, Gleave A, Salvi S, Chagne D, Cestaro A, Kumar S, Crowhurst RN, Gardiner SE. 2012. Apple, from genome to breeding. *Tree. Gen. Genomes* 8: 509-529.
- Topp CN, Iyer-Pascuzzi AS, Anderson JT, Lee CR, Zurek PR, Symonova O, Zheng Y, Bucksch A, Mileyko Y, Galkovskiy T, Moore BT, Harer J, Edelsbrunner H, Mitchell-Olds T, Weitz JS, Benfey PN. 2013. 3D phenotyping and quantitative trait locus mapping identify core regions of the rice genome controlling root architecture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110: 1695-1704.
- Urrestarazu J, Miranda C, Santesteban LG, Royo JB. 2012. Genetic diversity and structure of local apple cultivars from Northeastern Spain assessed by microsatellite markers. *Tree. Genet. Genomes.* 8:1163–1180.
- Urrestarazu J, Royo JB, Santesteban LG, Miranda C. 2015. Evaluating the influence of the microsatellite marker set on the genetic structure inferred in *Pyrus communis* L. *Plos One.* 10 (9).
- van Dyk MM, Soeker MK, Labuschagne IF, Rees DJG. . 2010. Identification of a major QTL for time of initial vegetative budbreak in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Tree. Genet. Genomes* 6: 489–502.
- Vavilov, 1930. Wild Progenitors of the Fruit Trees of Turkistan and the Caucasus and the Problem of the Origin of Fruit Trees: IX. International Horticultural Congress, London.
- Velasco R, Zharkikh A, Affourtit J, Dhingra A, Cestaro A, Kalyanaraman A, Fontana P, Bhatnagar SK, Troggio M, Pruss D, Salvi S, Pindo M, Baldi P, Castelletti S, Cavaiuolo M, Coppola G, Costa F, Cova V, Dal Ri A, Goremykin V, Komjanc M, Longhi S, Magnago, P Malacarne, G Malnoy, M Micheletti, D Moretto, M Perazzolli, M Si-Ammour A, Vezzulli S, Zini E, Eldredge G, Fitzgerald LM, Gutin N, Lanchbury J, Macalma T, Mitchell JT, Reid J, Wardell B, Kodira C, Chen Z, Desany B, Niazi F, Palmer M, Koepke T, Jiwan D, Schaeffer S, Krishnan V, Wu C, Chu VT, King ST, Vick J, Tao Q, Mraz A, Stormo A, Stormo K, Bogden R, Ederle D, Stella A, Vecchiatti A, Kater MM, Masiero S, Lasserre P, Lespinasse Y, Allan AC, Bus V, Chagne D, Crowhurst RN, Gleave AP, Lavezzo E, Fawcett JA, Proost S, Rouze P, Sterck L, Toppo S, Lazzari B, Hellens RP, Durel CE, Gutin A, Bumgarner RE, Gardiner SE, Skolnick M, Egholm M, Van de Peer Y, Salamini F, Viola R. 2010. The genome of the domesticated apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Nat. Genet.* 42: 833–839.
- Verdu CF, Guyot S, Childebrand N, Bahut M, Celton JM, Gaillard S, Lasserre-Zuber P, Troggio M, Guilet D, Laurens F. 2014. QTL analysis and candidate gene mapping for the polyphenol content in cider apple. *Plos One.* 9 (10).
- Westwood MN. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid: Mundi-Prensa.

- Westwood MN. 1993. Temperate-zone pomology. 3a ed. Timper Press, Oregon, OR.
- Wöhner TW, Flachowsky H, Richter K, Garcia-Libreros T, Trognitz F, Hanke MV, Peil A. 2014. QTL mapping of fire blight resistance in *Malus xrobusta* 5 after inoculation with different strains of *Erwinia amylovora*. Mol. Breeding. 34 (1): 217-230.
- Won K, Kim YK, Song JH, Kang SS, Lee HC, Bastiaanse H, Singla G, Bus VGM, Gardiner SE, Chagné D, Cho KH, Brewer L. 2014. Genetic mapping of polygenic scab (*Venturia pirina*) resistance in an interspecific pear family. Mol. Breeding. 34: 2179-2189.
- Wu J, Wang ZW, Shi ZB, Zhang S, Ming R, Zhu SL, Khan MA, Tao ST, Korban SS, Wang H, Chen NJ, Nishio T, Xu X, Cong L, Qi KJ, Huang XS, Wang YT, Zhao X, Wu JY, Deng C, Gou CY, Zhou WL, Yin H, Qin GH, Sha YH, Tao Y, Chen H, Yang YA, Song Y, Zhan DL, Wang J, Li LT, Dai MS, Gu C, Wang YZ, Shi DH, Wang XW, Zhang HP, Zeng L, Zheng DM, Wang CL, Chen MS, Wang GB, Xie L, Sovero V, Sha, SF, Huang WJ, Zhang SJ, Zhang MY, Sun JM, Xu LL, Li Y, Liu X, Li QS, Shen JH, Wang JY, Paull RE, Bennetzen JL, Wang J, Zhang SL. 2013. The genome of the pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). Genome Res. 23: 396–408.
- Wu J, Li LT, Li M, Khan MA, Li XG, Chen H, Yin H, Zhang SL 2014. High-density genetic linkage map construction and identification of fruit-related QTLs in pear using SNP and SSR markers. J. Exp. Bot. 65: 5771–5781.
- Wünsch A, Hormaza JI. 2007. Characterization, variability and genetic similarity of european pear with SSR. Sci. Hortic. 113: 37-43
- Xu K, Wang A, Brown S. 2012. Genetic characterization of the Ma locus with pH and titratable acidity in apple. Mol. Breed. 30: 899-912.
- Yamamoto T, Terakami, S, Takada N, Nishio S, Onoue N, Nishitani C, Kunihisa M, Inoue E, Iwata H, Hayashi T, Itai A, Saito T. 2014. Identification of QTLs controlling harvest time and fruit skin color in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Breeding. Sci. 64: 351-361
- Zeven AC. 1998. Landraces: A review of definitions and classifications. Euphytica 104: 127-139
- Zhang RP, Wu J, Li XG, Khan MA, Chen H, Korban SS, Zhang SL. 2013. An AFLP, SRAP, and SSR Genetic Linkage Map and Identification of QTLs for Fruit Traits in Pear (*Pyrus L.*). Plant. Mol. Biol. Rep. 31: 678-687.
- Zhang Q, Ma B, Li H, Chang Y, Han Y, Li J, Wei G, Zhao S, Khan MA, Zhou Y, Gu C, Zhang X, Han Z, Korban SS, Li S, Han Y. 2012. Identification, characterization, and utilization of genome-wide simple sequence repeats to identify a QTL for acidity in apple. BMC. Genomics. 13: 537
- Zuh CH, Gore M, Buckler ES, Yu J 2008. Status and prospects of association mapping in plants. Plant Genome 1: 5-20.

## 13. Frutales de hueso

---

### **Maria L Badenes\* y Elena Zuriaga**

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

CV-315, Km. 10,7 46113 Moncada (Valencia)

\*badenes\_mlu@gva.es

#### **13.1. Introducción**

#### **13.2. Albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.)**

##### **13.2.1. Principales variedades locales**

##### **13.2.2. Variedades locales conservadas en colecciones**

##### **13.2.3. Variedades locales con interés para su recuperación**

##### **13.2.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

##### **13.2.5. Utilización en programas de mejora**

#### **13.3. Cerezo (*Prunus avium* L.)**

##### **13.3.1. Principales variedades locales**

##### **13.3.2. Variedades locales conservadas en colecciones**

##### **13.3.3. Potencial de variedades locales como fuentes de variación**

##### **13.3.4. Utilización en programas de mejora**

#### **13.4. Ciruelo (*Prunus domestica* L.)**

##### **13.4.1. Principales variedades locales**

#### **13.5. Melocotonero (*Prunus persica* Batsch)**

##### **13.5.1. Principales variedades locales**

##### **13.5.2. Variedades locales conservadas en colecciones**

##### **13.5.3. Potencial de variedades locales como fuentes de variación**

##### **13.5.4. Utilización en programas de mejora**

#### **13.6. Logros y perspectivas**

#### **13.7. Agradecimientos**

#### **13.8. Referencias**

### 13.1. Introducción

Las variedades locales representan una herramienta muy eficaz para los programas de mejora genética ya que aportan caracteres de adaptabilidad y pueden ser fuente de caracteres específicos ausentes en las variedades comerciales de mayor difusión. Sin embargo, el proceso de sustitución de las variedades locales por variedades de mejora más productivas ha provocado una alta erosión genética en las últimas décadas. Egea-Sánchez et al. (2008) estudiando la situación de las variedades locales en la región de Murcia observaron una clara regresión en el caso de frutales. Estos autores agruparon las variedades según su estado de conservación, señalando que un 43% están en peligro crítico de extinción, al encontrarse únicamente en pequeños huertos familiares para autoconsumo, y un 25 % lo constituyen variedades extintas, lo que significa que una de cada cuatro variedades de frutales se ha extinguido en las últimas décadas. Además, estos autores enfatizan que la conservación de estas variedades locales en bancos de germoplasma es muy baja. A raíz de este estudio, parece plausible pensar que estas conclusiones puedan ser extrapolables a otras regiones de España.

El desarrollo de las variedades locales en la agricultura ha sido posible por la intervención de los factores ambientales (selección natural), los ambientes de cultivo empleados por los agricultores (selección artificial indirecta) y los agricultores por si mismos (selección artificial directa) (Lema et al., 2010). La pérdida de variedades locales puede provocar la pérdida de alelos clave o combinaciones de alelos que han favorecido la adaptación a sus respectivas zonas de cultivo. En el caso de los frutales de hueso, debido a su largo periodo juvenil y alta heterocigosidad, la pérdida de estas combinaciones alélicas puede no ser recuperable en la práctica. En consecuencia la erosión de estos recursos genéticos disminuye el potencial de la especie para hacer frente a estreses tanto bióticos como abióticos.

En este contexto, el capítulo revisa las principales variedades locales prospectadas y conservadas en bancos de germoplasma, así como su utilización en programas de mejora, en el caso de las especies albaricoquero, cerezo y melocotonero. En el caso del ciruelo, se describen únicamente los resultados iniciales de una prospección de frutales en riesgo de desaparición, pues no existen colecciones nacionales ni programas de mejora en España.

### 13.2. Albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.)

La mayoría de los albaricoques cultivados pertenecen a la especie *Prunus armeniaca* L., nativa de Asia y el Cáucaso. Esta especie pertenece al subgénero *Prunophora* Focke, sección *Armeniaca* (Lam.) Koch (Rehder, 1967), donde se incluyen otras 5 especies: *P. brigantina* Vill., *P. dasycarpa* Ehrh., *P. mandschurica* (Maxim.) Koehne, *P. mume* (Sieb.) Sieb. & Zucc. y *P. sibirica* L.. Todas ellas son interfértiles y diploides ( $2n = 16$ ,  $x = 8$ ) (Layne et al., 1996).

Existen registros de cultivos de albaricoque en China de hace más de 3000 años, donde probablemente se domesticó (Faust et al., 1998). Vavilov (1951) incluyó los albaricoques cultivados en tres de sus centros de origen: el Centro Chino (China y Tíbet), el Centro de Asia Central (desde Tien-Shan hasta Kashmir) y el Centro de Oriente Próximo (Irán, Cáucaso y Turquía). Este último se ha considerado como centro secundario de diversificación teniendo en cuenta su posición geográfica intermedia entre el área de cultivo mayoritaria y la zona de distribución de las especies silvestres relacionadas (Faust et al., 1998). Las evidencias sugieren que desde Asia Central el cultivo se distribuyó hacia el oeste desde Irán y Armenia (Layne et al., 1996) llegando a la cuenca mediterránea por dos rutas, desde el Norte de África y a través de Hungría y Centro Europa (Bourguiba et al., 2012; Faust et al., 1998). Desde allí el cultivo se distribuyó posteriormente a Norte América y el resto del mundo.

Empleando caracteres morfológicos y descripciones pomológicas en una amplia colección de germoplasma, Kostina (1964) definió 4 grupos ecogeográficos con subgrupos regionales: el grupo Centro Asiático, uno de los más antiguos y diversos que incluye cultivares autoincompatibles y con altos requerimientos de frío, el grupo Dzhungar-Zailij, que incluye cultivares autoincompatibles y con frutos de pequeño tamaño, el grupo Irano-Caucásico, que incluye mayoritariamente cultivares autoincompatibles con bajos requerimientos de frío, y el grupo Europeo, el más reciente y que incluye cultivares autocompatibles. Posteriormente, a esta clasificación se añadieron los grupos del Norte y Este de China (Layne et al., 1996). Una descripción más detallada de esta clasificación puede verse en la revisión realizada por Zhebentyayeva et al. (2012).

A pesar de su amplia difusión geográfica, se trata de una especie con unos requerimientos ecológicos muy concretos. Los primeros cruzamientos dirigidos se realizaron a principios siglo XX en la antigua Unión Soviética y posteriormente en Estados Unidos, Canadá y Rumania. Desde entonces se han ido iniciando programas de mejora en el resto de países donde se cultivaban albaricoques o existía posibilidad de ello (Layne et al., 1996). En la actualidad, se encuentran albaricoques en los 5 continentes, adaptados a distintas condiciones ecológicas, pero con una baja plasticidad. En consecuencia, cada país o región cultiva sus propias variedades.

### **13.2.1. Principales variedades locales**

En España, la producción de albaricoques ha estado concentrada tradicionalmente en muy pocas variedades bien adaptadas a las condiciones agroclimáticas de las zonas productoras con mayor tradición, como la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana. Salvo alguna excepción, las variedades tradicionales españolas son autocompatibles, de gran calidad gustativa y carne blanca o amarilla.

En cuanto a las variedades autóctonas valencianas y su comportamiento en esta región, según su periodo de floración se agrupan en ultraprecoces ('Currot'), precoces ('Ginesta', 'Palau', 'Palabras', 'Gandiá', y 'Manrí'), de media estación ('Canino', 'Gavatxet', 'Roig de Carlet', 'Galta Rotja', 'Cristal.lí', 'Martinet', 'Corbató', 'Xirivello' y 'Tadeo') (Llácer, 2000; Badenes et al., 1997). En cuanto a fecha de maduración, los frutos más precoces son también los de 'Currot', seguidos por los de 'Gandiá', 'Manrí', 'Ginesta', 'Palau' y 'Palabras' (todos dentro de Mayo). Este grupo de variedades es muy interesante por su precocidad, pero presenta algunas deficiencias, como son la mediana productividad y el pequeño calibre de los frutos. Las características organolépticas son aceptables, aunque el grado de acidez aumenta con la precocidad. El resto de variedades autóctonas valencianas se pueden calificar como de media estación (maduración en la 1ª quincena de Junio), excepto 'Martinet' y 'Tadeo', que pueden considerarse tardías (2ª quincena de Junio). Estas variedades presentan frutos de mayor calibre y menor acidez que las precoces.

En la región de Murcia, la introducción de la variedad 'Currot' y las denominadas genéricamente 'Valencianos' desplazaron el cultivo de las variedades locales extratempranas como 'Uleanos', 'Ruices' o 'Trujillos' (Egea 1998). En cuanto a variedades tempranas, destaca la variedad murciana 'Mauricios', de carne amarilla y mayor calibre, que no sufrió el desplazamiento por las variedades valencianas de la misma época. Entre las variedades de media estación, 'Búlida' es la variedad más importante, empleada fundamentalmente para la industria conservera, junto con las variedades 'Chicano', 'Coloraos' y 'Velázquez'. Entre las variedades medio-tardías de la región destacan 'Pepito del Rubio', 'Moniquí' y 'Real Fino'. También en Mallorca existe una variedad denominada 'Galta Vermella', aunque no sea una zona tradicional de producción de albaricoque.

Esta rica gama varietal descrita entró en crisis a finales de la década de 1980 a causa de la aparición del virus de la sharka, puesto que todas las variedades autóctonas son susceptibles al mismo (Martínez-Gómez et al., 2000). En estos momentos nos encontramos en un momento de transición en el que se están introduciendo nuevas variedades mejoradas resistentes a sharka que están desplazando a las variedades tradicionales (Badenes y Martínez-Calvo, 2014; Egea y Ruiz, 2014).

### **13.2.2. Variedades locales conservadas en colecciones**

Entre las colecciones de germoplasma en organismos públicos de investigación se encuentran las del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) y las del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), en las que se conserva un pequeño número de genitores autóctonos. Entre los cultivares tradicionales españoles de albaricoquero conservados en el IVIA se encuentran las variedades valencianas 'Currot', 'Canino', 'Ginesta', 'Tadeo' y 'Miger', así como la variedad murciana 'Coloraos'. En el caso de la colección del CEBAS, en ella se conservan las variedades murcianas 'Búlida', 'Búlida de

Arques', 'Guillermo', 'Mauricio', 'Moniquí', 'Pepito del Rubio', 'Real Fino', 'Rojo del Malas' y las variedades valencianas 'Canino' y 'Currot'.

En la década de 1950, Herrero (1964) realizó un inventario detallado de los diferentes cultivares de frutales de hueso y pepita presentes en España, acompañado de una colecta de material vegetal. Dicha colección de huesos, o al menos parte de ella, se mantiene en la Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC) en Zaragoza. Aunque muchos de estos materiales se han perdido *in situ* en sus zonas de cultivo, esta colección *ex situ* permitió a Martín et al. (2011) realizar un estudio de diversidad para tratar de evaluar la erosión genética que se ha producido entre los materiales españoles.

### 13.2.3. Variedades locales con interés para su recuperación

A pesar de la importancia de la conservación de la agrobiodiversidad, no existe una colección de referencia de germoplasma de albaricoque en España. Sin embargo, la preservación de estos recursos es de gran interés tanto para abordar futuros objetivos dentro de los programas como para estudiar en profundidad algunos de los caracteres de mayor interés agronómico en esta especie y otras relacionadas (como, por ejemplo, la autoincompatibilidad, latencia o firmeza del fruto).

Por todo ello, sería altamente recomendable la realización de prospecciones en las comarcas productoras con el fin de identificar y coleccionar cultivares minoritarios o en desuso antes de que estos recursos fitogenéticos desaparezcan. Por ejemplo, Rivera et al. (1996) tras diversas prospecciones en el terreno y estudios bibliográficos describieron 93 variedades tradicionales de albaricoque cultivadas en la Cuenca del Río Segura, entre las que incluyen algunas de origen valenciano. Asimismo, habría que añadir a este conjunto de materiales otros procedentes de selección clonal, como la realizada en el cultivar de albaricoquero 'Canino' que permitió seleccionar hasta 9 clones con características distintivas (precocidad, androesterilidad, etc.) (Orero et al., 2002) y que, sin embargo, tampoco se encuentran actualmente recogidos en colección alguna. En este mismo sentido podría esperarse que dentro de alguna otra denominación ampliamente extendida, como el albaricoquero 'Galta Rotja' en las comarcas valencianas de la Ribera Alta y en la Vall d'Albaida, pudieran también identificarse entradas con características específicas.

### 13.2.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación

Tras la aparición de la enfermedad de la sharka y su difusión en Europa, la mayor parte de los programas de mejora incluyeron como su principal objetivo la obtención de variedades resistentes. Las únicas fuentes de resistencia conocidas son unos pocos cultivares norteamericanos (Brooks y Olmo, 1997), que junto con la resistencia a sharka, aportan una serie de caracteres no deseados en nuestras variedades comerciales: autoincompatibilidad, gran

exigencia en horas frío, menor calidad organoléptica y en general una mala adaptación a las condiciones agroclimáticas mediterráneas. El empleo de materiales autóctonos en los cruza- mientos del programa de mejora, a través de variedades como ‘Currot’, ‘Ginesta’, ‘Palau’, ‘Mitger’, etc., aporta las variantes favorables de dichos caracteres (precocidad, autocom- patibilidad, calidad, etc.) siendo por tanto esencial para lograr nuevas variedades con éxito comercial (Llácer, 2006).

### **13.2.5. Utilización en programas de mejora**

En las dos regiones productoras de albaricoquero más importantes de España se desarro- llan programas públicos de mejora de la especie desde hace cerca de un cuarto de siglo. Estos son llevados a cabo en el CEBAS-CSIC en Murcia y en el IVIA en Valencia. En ambos casos, los objetivos principales de estos programas incluyen la obtención de variedades resistentes al virus de la sharka, con frutos de buen calibre, calidad gustativa, precoces y autocompatibles (Badenes y Martínez-Calvo, 2014; Egea y Ruiz, 2014).

En ambos programas se han realizado cruza- mientos entre variedades norteamericanas re- sistentes a sharka y variedades autóctonas, principalmente precoces, con el fin de intro- gresar la resistencia sin perder la adaptabilidad y las características del material autóctono. Para ello, las variedades más empleadas en el programa del IVIA han sido ‘Currot’, ‘Gines- ta’, ‘Palau’ y ‘Canino’. En el caso del programa de mejora del CEBAS-CSIC se han empleado las variedades autóctonas españolas ‘Currot’, ‘Moniquí’, ‘Pepito del Rubio’, ‘Gitano’, ‘Galta Roja’, ‘Guillermo’, ‘Mauricio’, ‘Colorao’, ‘Búlida’ y ‘Rojo Palabras’ (Ruiz D, comunicación per- sonal). Estas variedades se han empleado por su elevada calidad gustativa, así como la presencia de otros atributos de interés como las bajas necesidades de frío y la autocompa- tibilidad floral.

Estos trabajos de mejora se han completado con estudios de mapeo de alta resolución de la región que contiene el locus de resistencia a sharka en albaricoque, identificándose genes candidatos (Vera Ruiz et al., 2011, Zuriaga et al., 2013). Ello ha permitido además la aplica- ción de selección asistida por marcadores para identificar los individuos descendientes de los cruces que son portadores del gen de resistencia en homocigosis. Para ello se emplean dos marcadores microsátélites que flanquean la región del locus de resistencia así como un polimorfismo descrito en el propio gen candidato (Soriano et al., 2012, Zuriaga et al., 2013). De esta forma, se consigue avanzar significativamente en el proceso de evaluación de las descendencias del cruce, pasando a evaluación pomológica únicamente aquellos individuos homocigotos para la resistencia. Finalmente son sometidos al fenotipado clásico para la resistencia (Moustafa et al., 2001) únicamente aquellos individuos con un comportamiento agronómico prometedor.

### 13.3. Cerezo (*Prunus avium* L.)

El cerezo dulce se originó en la región del sur de la cordillera del Cáucaso, siendo su segundo centro de diversificación el continente europeo (Kappel et al., 2012). La dispersión de la especie en Europa ha generado numerosas variedades que han sido ampliamente utilizadas desde principios del siglo XX en programas de mejora en la mayor parte del mundo donde la especie fue introducida. Así, existen programas en varios países de Europa, Rusia, Canadá, USA y Australia. En España se lleva a cabo un programa de mejora público en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX- La Orden) (Manzano et al., 2014).

#### 13.3.1. Principales variedades locales

En las últimas décadas, la introducción y establecimiento de variedades procedentes de diferentes programas de mejora, con mayor calibre y más productivas, ha puesto en peligro la diversidad genética local. Con la finalidad de conservar la variabilidad genética existente y hacerla disponible para su posible uso en programas de mejora genética de la especie, se estableció en 1990 el banco de germoplasma de variedades tradicionales en la Finca “La Solana” (Barrado, Cáceres) (Bañuls et al., 2012). Inicialmente se establecieron 29 variedades y a lo largo de estos años se han realizado nuevas prospecciones de variedades locales en el Valle del Jerte y La Vera (Extremadura), así como en otras zonas productoras de la Comunidad Valenciana y Baleares. Estas se han realizado en el marco del proyecto de recursos genéticos RF2011-00029-C03-03, coordinado por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

Estos trabajos de prospección, junto con los trabajos posteriores de caracterización de las accesiones, han permitido la elaboración de una lista de denominaciones, la identificación de homonimias, sinonimias y denominaciones erróneas (Bañuls et al., 2012, González et al., 2012, Moreno, 2003). En la actualidad el banco de germoplasma dispone de 45 variedades locales. Además, se han recuperado e injertado en vivero las variedades ‘Cereza de Tentudía’ de la Sierra de Tentudía (al sur de la provincia de Badajoz), ‘Picota de Cobos’, ‘Acanalá de Bene’ y ‘Pico negro de Fernando’ del Valle del Jerte. Dentro del proyecto de recursos genéticos coordinado con la Universidad de Salamanca, se prospectaron distintas zonas de Castilla y León productoras de cerezo y se identificaron hasta 50 variedades locales de cerezo y guindo (*Prunus cerasus* L.) de la provincia de Salamanca. Se han injertado en vivero 14 variedades autóctonas de cerezo y 5 de guindo para su evaluación y comparación con el material conservado en el banco de germoplasma. Estas variedades estaban distribuidas en las dos principales zonas productoras Arribes del Duero y Sierra de Francia.

En Aragón existen colecciones de variedades de cerezo en Aula Dei-CSIC y en el CITA, que conservan variedades prospectadas en Baleares y la Comunidad Valenciana. En estas colecciones también existe una gran parte de variedades introducidas de Estados Unidos y Canadá principalmente (Tabuenca, 1986).

### **13.3.2. Variedades locales conservadas en colecciones**

En la Tabla 1 se indican las variedades tradicionales de cerezo que aparecen en el Inventario del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF) del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Aunque no están presentes en bancos de germoplasma, existen variedades locales en otras zonas de España donde se introdujo el cerezo, pero cuyo cultivo es muy minoritario y está en regresión. En estos casos no se dispone de trabajos de identificación de sinonimias y homonimias ni de una caracterización pomológica. Este es el caso de las variedades gallegas 'Albariña', 'Coruñesa', 'Maroubiña', 'Molarían de pieles', 'Negra Coruña', 'Negra do San Cristobo', 'Oveira Pepe Garcia', 'de Pico', 'de Viño' y 'de Rabo curto'.

Las variedades cultivadas en la Comunidad Valenciana pertenecientes a la denominación de origen Montaña de Alicante proceden también de introducciones, con la excepción de las variedades 'Tilagua', 'Planera' y 'Nadal'.

### **13.3.3. Potencial de variedades locales como fuente de variación**

Empleando una amplia representación de selecciones avanzadas, cultivares comerciales y variedades tradicionales procedentes de distintas partes del mundo se observó la baja diversidad genética presente en las variedades comerciales (Choi y Kappel 2004). En la última década en programas de mejora como el de Alemania, Hungría, Rumania o Rusia (Schuster y Wolfram, 2004, Kappel et al., 2012) se han obtenido variedades procedentes de selecciones de variedades locales buscando adaptabilidad sobre todo al frío. En España, las variedades locales constituyen un recurso valioso para la mejora sobre todo en aquellos caracteres que confieren adaptabilidad al medio, como floraciones más agrupadas, autocompatibilidad, menores exigencias en frío, atributos específicos de calidad, etc. Una caracterización más completa de los recursos genéticos que incluyera la resistencia a enfermedades supondría otro carácter donde las variedades locales podrían presentar también ventajas.

En los últimos años ha habido una reconversión varietal importante a favor de variedades introducidas. Sin embargo en la zona productora del Valle del Jerte las variedades locales siguen presentando ventajas como mayor adaptación al medio, sobre todo al frío, una floración más agrupada que evita que se produzcan problemas de polinización o su autocompatibilidad (Cachi y Wünsch, 2009), carácter sumamente importante para evitar la necesidad de introducción de polinizadores. Además, estas variedades locales son bastante competitivas

en cuanto a calidad y resistencia al rajado. En un contexto de inviernos suaves, las variedades locales también pueden aportar adaptabilidad a bajas horas frío.

**Tabla 1.** Variedades tradicionales de cerezo conservadas en colecciones de germoplasma según el inventario nacional del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF) del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

Estación Experimental de Aula Dei, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEAD-CSIC) (Zaragoza)	'Ambrunes', 'Mollar de Cáceres', 'Talaguera Brillante', 'Ramillete', 'Cristobalina', 'Ramon Oliva', 'Pico Negro', 'Castañera', 'De la Pinta', 'Temprana de Sot', 'Picota'
Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) (Zaragoza)	'Talaguera Brillante', 'Cristobalina', 'Ambrunes', 'Pico negro', 'Pico Colorado', 'Ramón Oliva', 'Talegal Almedijar', 'Talegal Ahim', 'Temprana de Sot', 'Garrafal', 'De la Piedra', 'Lluc Mayor', 'Son Llobet', 'Son Miró', 'Son Perot'
Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX- La Orden) (Badajoz)	'Ambrunes', 'Ambrunes Rabo', 'Ambrunes Gar', 'Castañera', 'Coloradilla', 'Cubeto', 'De la Casa', 'Del Cardito', 'Del Gordo', 'Especiales', 'Del Pollo', 'Garganta', 'Garganteña', 'Garrafal del Jerte', 'Guadalupe', 'Guinda de Navaconcejo', 'Guinda de Barrado', 'Jarandilla', 'Licinio', 'Madrileña', 'Mollar', 'Mollar Temprana', 'Nabuca', 'Navalinda', 'Noelia', 'Pedro Merino', 'Pico Colorado', 'Pico Limón', 'Pico limón Negro', 'Pico Negro', 'Pico negro del Tío Aurelio', 'Pico Negro Extra', 'Picota de Cirino', 'Petreras', 'Ramón Oliva', 'Temparana Negra', 'Venancio', 'Veterinarias', 'Virgo Juliana'
Escuela Técnica Superior De Ingeniería Agronomica (ETSIA) Universidad de Sevilla	'Bural'

### 13.3.4. Utilización en programas de mejora

La caracterización del banco de germoplasma del CICYTEX mostró la amplia diversidad de esta colección en caracteres de interés agronómico como fecha de maduración, color de la epidermis y firmeza de los frutos. Algunas de estas variedades locales se han utilizado en el Programa de Mejora Genética iniciado en 2006 en CICYTEX-La Orden. Las variedades 'Ambrunés', 'Pico negro' y 'Pico colorado' se han utilizado por la elevada dureza del fruto, posibilidad de recolección mecánica y fecha de maduración tardía, la variedad 'Temprana negra' por su resistencia al rajado y 'Noelia' por su fecha de maduración tardía y su dureza (Manzano et al., 2014). Otras variedades de potencial uso en mejora son 'Ambrunés de Garganta' por su maduración próxima a 'Ambrunés', aunque se tiene que recolectar con pedún-

culo y el color de pulpa es más blanco. La variedad 'De la casa' es interesante por su fecha de maduración, firmeza, calibre y recolección sin pedúnculo. La variedad 'Luis Cruz Cobos' tiene un alto potencial para la industria de la confitería para la elaboración de bombones, ya que se desraba fácilmente y tiene buena aptitud para la manipulación, aunque es sensible al rajado. Además se han establecido las relaciones de similitud e incompatibilidad polen-estilo de estas variedades locales de cerezo (Wünsch y Hormaza, 2004, Cachi y Wünsch, 2009, Cachi et al., 2014), lo que permite una planificación más eficiente de los cruces dirigidos. Para la introducción del carácter autocompatibilidad se han utilizado variedades como 'Cris-tobalina' y 'Talegal Ahim' (Wünsch y Hormaza, 2004, Cachi y Wünsch, 2009).

### **13.4. Ciruelo (*Prunus domestica* L.)**

La denominación ciruelo abarca más de 40 especies, incluyendo sus híbridos, que producen frutos comestibles (Rehder, 1967). Muchas de estas especies tienen una difusión limitada o su uso se circunscribe a patrones. Únicamente dos especies se cultivan comercialmente por la producción de frutos, se trata del ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.) y el ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.). Aunque ambas especies se encuentran en la misma sección taxonómica, se trata de cultivos distintos en cuanto a sus usos, adaptación, origen y domesticación (Topp et al., 2012).

El ciruelo europeo se originó probablemente en Asia Menor desde donde fue introducido en Europa por los romanos, se extendió y adaptó muy bien en la Europa continental (Topp et al., 2012). Según Okie y Weinberger (1996) procede de la hibridación de *Prunus cerasifera* Ehrh. y *Prunus spinosa* L. que por duplicación dio lugar a un hexaploide fértil. En cuanto al ciruelo japonés, aunque de origen Chino (Hedrick, 1911), su nombre se debe a que se introdujo en primer lugar en Estados Unidos desde Japón y posteriormente desde allí llegó a Europa (Topp et al., 2012). No hay descritas variedades autóctonas, puesto que se introdujeron variedades procedentes del programa de mejora genética de California, donde se iniciaron en el siglo XIX los primeros cruzamientos entre ciruelo japonés y especies nativas norteamericanas (Topp et al., 2012). A mediados del siglo XX se introdujeron en España, siendo todas ellas procedentes de programas de mejora, principalmente de Estados Unidos.

#### **13.4.1 Principales variedades locales**

Según la información disponible en los inventarios de frutales, ya en la década de 1960 las variedades de ciruelo autóctonas cultivadas mayoritariamente eran procedentes de introducciones (Herrero y Iturrioz, 1971, Tabuenca y Iturrioz, 1991ab). Recientemente, una prospección en la región pirenaica y el prepirineo, en el marco de un proyecto de recuperación de frutales en peligro de extinción, ha permitido la identificación de 120 accesiones de ciruelo, las cuales están actualmente en estudio y caracterización (Urrestarazu et al., 2015). En el inventario de variedades locales de la región e Murcia, llevado a cabo por Egea-Sánchez et

al. (2008) aparecen variedades locales derivadas de la introducción francesa ‘Reina Claudia’ junto con otras denominaciones prospectadas en la región. Estos autores las clasificaron según su estado de conservación en extintas, vulnerables, de interés especial y en peligro de extinción (Tabla 2).

**Tabla 2.** Clasificación de las variedades de ciruelo de la región de Murcia según su estado de conservación.

Extinta	‘Blanquita chica’, ‘Bresquilla’, ‘Flor de Baladre’, ‘Verdal’
Extinta en finca	‘Borde pollizo’
Vulnerable	‘Huevo de burro’, ‘Verdal o verde’, ‘Reina Claudia’, ‘Bavay’
De interés especial	‘Reina claudia’, ‘Reina claudia verdosa’
En peligro de extinción	‘Dama’, ‘De feria’, ‘Reina Claudia colorada’, ‘Cascabelillo’, ‘Cascabelillo dorado’, ‘Colorá’, ‘Mayera de los Pájaros’, ‘Negro’, ‘Mirabolano borde’

Además existen variedades antiguas recuperadas por viveros para las cuales existe un nicho de mercado como variedad tradicional. Entre ellas se pueden encontrar variedades locales como ‘Colló de Frare’, ‘Frare negro’, ‘Llevador’, ‘Rogeta de agosto’, ‘San Juan’, ‘San Miguel’, ‘Rusticano’, etc. recomendadas para cultivo ecológico. Sin embargo, en esta especie muchas de ellas aunque antiguas, proceden de introducciones sobre todo del grupo reina ‘Claudia de Francia’. No existen programas de mejora en España de ciruelo europeo, por lo que no se han utilizado estas variedades.

### 13.5. Melocotonero (*Prunus persica* Batsch)

El centro de diversidad de la especie se encuentra en China, donde se domesticó, y desde allí se extendió hace más de 3000 años por todas las zonas templadas y de clima subtropical de Asia continental (Byrne et al., 2012). A la cuenca mediterránea llegó a través de Persia, actual Irán, vía la ruta de la Seda hace más de 2000 años. Su adaptación ha sido muy buena en los países del sur de Europa, entre ellos España. En América fue introducido por los exploradores españoles y portugueses en el siglo XVI, llegando desde Asia continental al sureste asiático, Australia y Oceanía en el siglo XVIII. En la actualidad la especie se extiende entre los 30° y 45° de latitud norte y sur (Byrne et al., 2012).

Desde su temprana distribución geográfica, la propagación de las plantas se hacía básicamente por semilla, lo que unido a la selección natural y de los agricultores, dio lugar a un amplio número de variedades autóctonas que se adaptaron a un extenso rango de temperatura y condiciones edáficas, desde climas subtropicales húmedos como México y Brasil hasta zonas muy frías como la costa noroeste de Estados Unidos y Canadá o zonas semiáridas de África y Asia. En España, este proceso dio lugar a la formación de poblaciones autóctonas en todas aquellas regiones donde se introdujo la especie y se adaptó climatológicamente.

A diferencia de otros países, en España se seleccionaron melocotoneros de carne dura y hueso adherido, también llamados coloquialmente 'de conserva' porque permiten la industrialización. Aunque constituyen grupos varietales cuyo cultivo está en regresión, sustituido por variedades nuevas de mejora, algunos de ellos han formado parte de los cruzamientos de los programas de mejora, tratando de buscar adaptabilidad y calidad organoléptica del fruto.

### **13.5.1. Principales variedades locales**

Las variedades locales de melocotón son genéticamente variedades-población porque tienen unas características diferenciales del resto que permiten asociarles a una denominación, pero no son un único genotipo o variedad sino un conjunto de ellos debido a la combinación de la reproducción por semillas y la selección posterior por parte de los agricultores. En cada zona de cultivo en España se han desarrollado unas determinadas variedades-población, que se describen a continuación.

#### *Variedades autóctonas originarias de la región de Murcia*

En esta región la adaptación del melocotonero ha sido especialmente buena. Así podemos encontrar variedades bajo las siguientes denominaciones: 'Marujas', 'Jerónimos' y 'Calabaceros'. En algunas de estas variedades-población se han realizado selecciones clonales con el fin de proporcionar material vegetal de mejor calidad agronómica y más homogéneo al agricultor (Egea et al., 1984). Algunas de las selecciones clonales realizadas se encuentran conservadas en el banco de germoplasma del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA) (Murcia).

#### **Marujas**

Aunque originaria de Murcia esta variedad-población se ha cultivado ampliamente en Valencia y Cataluña. Es el grupo de maduración más temprana dentro de las variedades autóctonas. Se han realizado selecciones clonales, en Aula Dei-CSIC de Zaragoza y en el CEBAS-CSIC de Murcia, que se conservan en los bancos de germoplasma de melocotonero (Rodríguez-Navarro et al., 1984).

#### **Jeromos o Jerónimos**

Es una variedad que sigue en maduración al grupo 'Marujas'. Los frutos tienen mayor calibre son también de color amarillo con un poco más de chapa que la variedad 'Maruja'. Su cultivo ha sido tradicional en Murcia, se han realizado selecciones clonales y algunos de estos clones se encuentran en el banco de germoplasma del IMIDA.

## Calabaceros

Esta variedad madura a continuación de ‘Jeromos’. Los frutos se caracterizan por tener la piel más pubescente que los anteriores y de color amarillo intenso con chapa roja del 30%. Tienen un alto contenido en azúcar y baja acidez.

### *Varietades autóctonas originarias de Aragón y Cataluña*

Las primeras prospecciones de melocotón fueron iniciadas durante los trabajos de cartografía para determinar la estructura varietal en España llevados a cabo por Herrero et al. (1964). Posteriormente se iniciaron los trabajos de selección dentro de variedades-población que permitieron la obtención de tres clones de maduración escalonada de ‘Sudanell’ en Aula Dei-CSIC (Cambra, 1979). La principal población por la extensión de su cultivo son los ‘Amarillos Tardíos de Calanda’. En esta población se han seleccionado clones que permiten cubrir el rango de maduración más tardío dentro de la campaña del melocotonero en España. Entre ellos se puede citar los clones seleccionados en primer lugar ‘Jesca’, ‘Calante’ y ‘Evaisa’ (Espada-Carbó et al., 1991), y posteriormente los clones ‘Calprebor’, ‘Calemil’, ‘Calejos’ y ‘Calrico’, para adelantar unos días la comercialización y aumentar la gama de variedades comerciales de este tipo de melocotón (Alonso et al., 2008). Otras poblaciones autóctonas son: ‘Miraflores’, ‘Zaragozanos’ y ‘Amarillos de Agosto’. En Aula Dei-CSIC también se llevó a cabo una selección clonal de la variedad ‘Miraflores’ (Moreno, 2005). Estas poblaciones han formado parte del cultivo de melocotón tradicional también en La Rioja y en la provincia de Lérida. Además, existen otros melocotoneros de carne dura, amarilla y con chapa roja, entre ellos se puede señalar ‘San Lorenzo’ y ‘Rojo del Rito’ (Durán-Torrellardona, 1993).

### *Varietades autóctonas de la Comunidad Valenciana y Andalucía*

En Andalucía, en la zona de Granada se generaron variedades autóctonas de melocotonero. Además, clones seleccionados de las poblaciones de Periana (Málaga), de maduración de finales de agosto principios de septiembre, y de La Nava (Huelva) se conservan en el banco de germoplasma del IMIDA. También se seleccionaron ‘Almagreños’ en la provincia de Huelva (Pérez-Romero et al., 2010). Bajo el nombre genérico de ‘Amarillos’ o ‘Blancos’ encontramos denominaciones locales en Granada citadas en el Inventario del CRF.

En Valencia existe una variedad-población denominada ‘Cofrentes’, originaria de la comarca del Valle de Ayora, mientras que en la provincia de Alicante se localiza la población de melocotones de ‘Gorga’ en la comarca El Comtat. Algunos genotipos de estas dos variedades-población fueron prospectados por el IVIA y se injertaron en abrigo de cuarentena para evitar su desaparición, en el marco del proyecto RF 03-014-C2-2.

### 13.5.2. Variedades locales conservadas en colecciones

#### Colección del CITA

La colección nacional de frutales del CITA cuenta con 195 accesiones autóctonas de melocotonero. En el contexto del proyecto RF 03-014-C2-1 se realizó una prospección y caracterización de poblaciones autóctonas de melocotonero del Valle Medio del Ebro, que junto con los proyectos posteriores de recursos genéticos del INIA han permitido la construcción de la colección de referencia nacional de melocotonero.

#### Melocotón de carne dura amarilla:

De 142 variedades, 80 corresponden a material autóctono prospectado y seleccionado: '7-1-17', '359 (ET)', '7-2.A', '7-2B', 'Amarillo Oct.', 'Amarillo Temprano Ebro', 'Andora', 'Badalín', 'Borracho Jarque', 'Brasileño Elipe', 'Calabacero', 'Calabacero Candelo', 'Calabacero Deleite', 'Calabacero Rancho', 'Calabacero Rincón', 'Calabacero Soto', 'Calanda', 'Calanda Sonrosado', 'Calante', 'Calprebor', 'Calemil', 'Calejos', 'Calrico', 'Campiel (Montes de Cierzo)', 'Campillo rocho', 'Comodin', 'Corona', 'Duraznillo 42B', 'Escolapio', 'Evaisa', 'Fortuna', 'Fulla', 'Gallur', 'Garau', 'Generoso', 'Jeronimo', 'Jerónimo Balate', 'Jerónimo Copia', 'Jerónimo Espuña', 'Jerónimo Oro', 'Jerónimo Ortiz', 'Jerónimo Prasio', 'Jerónimo Torres', 'Jesca', 'L2-B', 'La Escola', 'Maluenda', 'Manolito', 'Maria Serena', 'Maruja Alquibla', 'Maruja Argos', 'Maruja perfección', 'Maruja tejar', 'Maruja tradición', 'MIR', 'Miraflores', 'Miraflores Serapio', 'Montamar', 'Moret', 'Pepita', 'Pigat', 'Plácido', 'Risol', 'Roig de Aitona', 'Rojo de Azagra', 'Rojo de Tudela', 'Rojo del Pilar', 'Rojo del Rito', 'Rojo del Rito 5233', 'Rojo-Amarillo Septiembre', 'Rojo-Sb.Gordo', 'San Jaime', 'San Lorenzo', 'Sudanell 1', 'Sudanell 2', 'Sudanell 3', 'Sudanell 3099', 'Sunmel 1', 'Sunmel 2', 'Zaragozano'.

#### Melocotón de carne dura blanca:

Cuenta con 24 variedades, de las cuales 23 son autóctonas: 'Ballejo', 'BD 5232', 'Blanco del Mas', 'Blanco Septiembre', 'Cristalino', 'Cucaresse', 'Deja-1', 'Deja-2', 'Deja-3', 'Fraga', 'Maella', 'Montaced', 'Montañana', 'Montes de Cierzo', 'Pigatsusagna', 'Pomar 1', 'Pomar 2', 'Pomar 3', 'Tambarría', 'Utiel', 'Valdetormo', 'Valentin', 'Villamayor'. También cuentan con dos accesiones de carne fundente autóctonas: 'Blanco Tardío' y 'Buisan'.

#### Melocotón chato o paraguayo:

Cuenta con 16 variedades de las cuales 15 son autóctonas: 'CZ.-CN4 Chato', 'Paraguayo Almudi', 'Paraguayo Almunia', 'Paraguayo Amarillo', 'Paraguayo Caspe', 'Paraguayo Delfin', 'Paraguayo Francia', 'Paraguayo ITG', 'Paraguayo Jota', 'Paraguayo Nebuli', 'Paraguayo Niqui', 'Paraguayo San Mateo', 'Paraguayo Torre Robert', 'Paraguayo Villamayor', 'Platerina'.

## Colección del IMIDA

El IMIDA cuenta con un banco de germoplasma en el que se conservan clones prospectados de las distintas variedades población. Cuenta con 7 clones de ‘Calabaceros’ (‘Deleite’, ‘Rancho’, ‘Rincón Soto’ y 3 clones seleccionados en Cieza), dos clones de ‘Campillo’, 13 clones de ‘Castillejar’, 5 de ‘Gorga Agostana’, 8 clones de ‘Gorga Tardana’, 4 clones de ‘Jerónimos’ seleccionados en Cieza y otros 8 ‘Jerónimos’ con diferentes denominaciones, 4 clones de La Nava, 9 clones de Maruja, y 19 clones de ‘Periana’. Además 1 clon de ‘Rojo Sancho’, ‘Rojo Tardío’, ‘Sudanell de Cieza’ y ‘Blanco’. También cuenta con variedades procedentes de prospecciones en las Islas Canarias del grupo de ‘Amarillos’ como los ‘Amarillos Rameados’, ‘Amarillo del Hierro’, ‘Amarillo de Fuerteventura’, ‘Miroillos’ y ‘Blancos Palmeros’.

### 13.5.3. Potencial de variedades locales como fuente de variación.

Las variedades autóctonas españolas de melocotón tienen en común el tipo de fruto de carne dura, hueso adherido y buena aptitud poscosecha y para conserva. De hecho este tipo de variedades van destinadas al consumo en fresco solamente en España, sur de Italia y los países de América Latina, destinándose exclusivamente a industrialización en el resto de países. La renovación varietal en melocotonero es muy activa y gran parte de las nuevas variedades lanzadas al mercado en los últimos años pertenecen al tipo de melocotón y nectarina de carne fundente y hueso libre. El país más activo desde el punto de vista de la mejora de esta especie ha sido Estados Unidos. Sin embargo, esta extensa actividad de mejora partió de unas pocas entradas que realizaron los colonos europeos de Nueva Inglaterra, lo que se ha traducido en una baja diversidad genética. El material autóctono de carne dura tiene unas características organolépticas distintas a las principales variedades comerciales, por ello representa una buena opción para incrementar la variabilidad (Badenes et al., 1998, Alonso et al., 2013). En los programas de mejora españoles, las variedades autóctonas se han utilizado con el fin de incorporar adaptabilidad, calidad organoléptica y mejora de la conservación poscosecha.

### 13.5.4 Utilización en programas de mejora.

Las variedades autóctonas se han utilizado en los programas de mejora de melocotonero de Aula Dei-CSIC (Moreno, 2005), del CITA (Carrera et al., 2003, 2005) y del IVIA (Martínez-Calvo et al., 2011). Los objetivos que pretenden mediante el uso del material autóctono es alargar la campaña con fruta de mayor calidad y aumentar la resistencia a la manipulación poscosecha (Badenes et al., 2012).

Estas actividades de mejora usando variedades locales se iniciaron en Aragón con el registro de dos variedades locales, el melocotón de carne blanca ‘Montaced’ y el paraguayo ‘Montejota’ y se han continuado en los proyectos de mejora actuales (Alonso et al., 2007).

Recientemente, el CITA ha iniciado una nueva línea de mejora genética del melocotón de Calanda ('Amarillos Tardíos de Calanda'). En este programa se están utilizando como parentales clones seleccionados procedentes de diversas prospecciones en el Bajo Aragón (Espada et al., 2007).

### **13.6. Logros y perspectivas**

En los últimos años la tendencia en todas las especies de frutales de hueso ha sido la sustitución de las variedades autóctonas por variedades mejoradas. Sin embargo, en el escenario actual de cambio climático la puesta en valor de las variedades locales como fuente de adaptabilidad va en aumento. En el caso del albaricoquero, fruto de los programas de mejora desarrollados en el IVIA de la Comunidad Valenciana y en el CEBAS-CSIC de la Comunidad de Murcia, se han obtenido nuevas variedades que incorporan resistencia a sharka. Los cultivares tradicionales cultivados ('Búlida', 'Canino', 'Currot', 'Moniqui', etc.) han ido dando paso a nuevos cultivares como 'Moixent', 'Dama Taronja', 'Dama Rosa', 'Mirlo Blanco', 'Mirlo Anaranjado', 'Mirlo Rojo', 'Valorange', 'Rojo Pasión' y 'Murciana' (Badenes y Martínez-Calvo, 2014; Egea et al., 2010). Sin embargo, las nuevas variedades no reúnen todas las características deseables en este cultivo, tales como resistencia a sharka, auto-compatibilidad, calidad gustativa y aptitud postcosecha. Algunos de estos caracteres están presentes en las variedades tradicionales, que además se encuentran adaptadas a nuestras condiciones agroclimáticas, por lo que éstas continúan siendo fundamentales para los programas de mejora. En el caso del cerezo, las variedades locales son fuente de caracteres de alto valor como dureza del fruto, autocompatibilidad, adaptación a bajas horas frío, calidad del fruto y resistencia al rajado. Tanto en España como en el resto de países, su utilización en los programas de mejora va en aumento para tratar de aumentar la diversidad tan baja de las variedades comerciales (Kappel et al., 2012). En melocotonero, donde la renovación varietal a favor de variedades de mejora es muy intensa se observa también un mayor uso del germoplasma local sobre todo para aumentar la calidad, incrementar resistencia a patógenos y aumentar la diversidad en tipos de fruto con atributos nutricionales y de calidad gustativa más diversa (Badenes et al., 2012). La conservación y caracterización de las variedades locales es un paso previo fundamental para la incorporación de estos recursos genéticos en el desarrollo de nuevas variedades.

### **13.7. Agradecimientos**

Las autoras agradecen a José Manuel Alonso y Ana Wünsch del CITA, Jesús García Brunton del IMIDA, Margarita López-Corrales del CICYTEX- La Orden y David Ruiz del CEBAS-CSIC, su valiosa colaboración al proporcionar información de sus colecciones y programas de mejora, así como la revisión del capítulo.

## 13.8. Referencias

- Alonso JM, Espiau MT, Ansón JM, Carrera M. 2007. Peach germplasm from the Ebro Middle Valley in the CITA peach breeding programme. *ISHS Acta Horticulturae* 814:87-89.
- Alonso JM, Espada JL, Rubio-Cabetas MJ, Socias i Company R. 2008. Plan de Mejora del Melocotón de Calanda para la calidad y la época de maduración. *Actas de Horticultura de la SECH* 51:361-362.
- Alonso JM, Espiau Ramírez MT, Fernández i Martí Á, Socias i Company R. 2013. Available genetic variability in the Spanish National Peach Collection. VIII International Peach Symposium. Matera (Italy).
- Badenes ML, Martínez-Calvo J. 2014. Mejora genética del albaricoquero en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. *Vida rural*. 382: 44-47.
- Badenes ML, Martínez-Calvo J, García-Carbonell S, Villarubia D, Llácer G. 1997. Descripción de variedades autóctonas valencianas de albaricoquero. *Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie Divulgación Técnica* 41: 60 pp.
- Badenes ML, Llácer G, Crisosto C. 2012. Mejora de la calidad de los frutales de hueso. pp 549-578. In Llácer G, Diez MJ, Carrillo JM, Badenes ML. (de.) *Mejora Genética de la Calidad en Plantas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Badenes ML, Werner DJ, Martinez-Calvo J, Yacer G. 1998. A description of peach native populations from Spain. *Fruit Varieties Journal* 52(2):8086.
- Bañuls P, Manzano MA, Mateos J, Serradilla MJ, Pérez F, López-Corrales, M. 2012. Caracterización de variedades autóctonas de cerezo del Valle del Jerte. *Actas de Horticultura*, 62: 229-230
- Bourguiba H, Audergon JM, Krichen L, Trifi-Farah N, Mamouni A, Trabelsi S, D'Onofrio C, Asma BM, Santoni S, Khadari B. 2012. Loss of genetic diversity as a signature of apricot domestication and diffusion into the Mediterranean Basin. *BMC Plant Biology* 12:49.
- Brooks RM, Olmo HP. 1997. *The Brooks and Olmo register of fruit and nut varieties*, 3rd edn. ASHS Press, Alexandria
- Byrne DH, Bassols-Raseira M, Bassi D, Piagnani MC, Gassic K, Reighard GL, Moreno MA, Pérez S. 2012. Peach. Pp 505-570. In ML Badenes, Byrne DH (ed.) *Fruit Breeding*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London
- Cachi AM, López-Corrales M, Arbeloa A, Gella R, Wünsch A. 2014. Molecular diversity of local spanish sweet cherry cultivars by ssr and s-locus analysis. *Acta Horticulturae*, 1020:33-38
- Cachi AM, A. Wünsch. 2009. Identificación del genotipo S de variedades locales de cerezo. *Actas de Horticultura* 54:524-525.
- Cambra M. 1979. Selección de variedades españolas de melocotón de carne dura ITEA 37:18-26.

- Carrera M, Alonso JM, Espiau MT, Socias i Company R. 2005. La mejora genética del melocotonero de la Unidad de Fruticultura del CITA de Aragón. ITEA. 101: 260- 264.
- Carrera M, Socias i Company R, Espiau MT. 2003. El programa de mejora genética de variedades de melocotonero de la Unidad de Fruticultura del SIA de Aragón. X Congr. SECH, Actas Hort. 39: 260-261.
- Choi C, Kappel F. 2004. Inbreeding, coancestry and founding clones of sweet cherries from North America. J.Amer.Soc.Hort. Sci.129:535-543.
- Durán-Torrellardona S. 1993. Melocotones, nectarinas y paviás. Portainjertos y variedades. Fundación La Caixa, 152 pp
- Egea J. 1998. El albaricoquero en España: panorámica varietal. Fruticultura profesional. 96: 49-55.
- Egea L, Egea-Caballero J, Berenguer T, Garcia-Garcia E. 1984. Variedades de melocotonero de la región de Murcia, Maruja, Jeromo y Calabacero. Caja de Ahorros Provincial de Murcia, 110 pp.
- Egea J, Rubio M, Campoy JA, Dicenta F, Ortega E, Nortes MD, Martínez-Gómez P, Molina A, Molina Jr A, Ruiz D. 2010. 'Mirlo Blanco', 'Mirlo Anaranjado', and 'Mirlo Rojo': Three New Very Early-season Apricots for the Fresh Market. HortScience 45:1893-1894.
- Egea J, Ruiz D. 2014. Albaricoque. En: La fruticultura del siglo XXI en España. Serie Agricultura 10. Grupo Cooperativo Cajamar.
- Egea-Sánchez JM, Avilés I, Egea-Fernández. JM. 2008. Inventario y catalogación de variedades locales de la Región de Murcia Actas del VIII Congreso SEAE.
- Espada JL, Romero J, Alonso JM. 2007 Preview of the second clonal selection from the autochthonous peach population "Amarillos Tardíos de Calanda" (Late yellow peaches of Calanda). Acta Horticulturae 814:251-254.
- Espada-Carbó JL, Gella R, Romero J. 1991. Selección clonal y sanitaria de la variedad población 'Amarillos de Calanda' Informaciones Técnicas. Dirección General de Promoción Agraria. Diputación General de Aragón n 25, 8 pp
- Faust M, Surányi D, Nyujtó F. 1998. Origin and dissemination of apricot. Hort Rev. 22:225–266.
- González F, Maya V, Gil A, López-Corrales M, Vázquez FM. 2012. Catálogo de especies conservadas en el Centro de Investigación La Orden-Valdesequera. Monografía (156 pg). Editado por el Centro de Investigación Finca La Orden- Valdesequera. Gobierno de Extremadura.
- Hedrick UP. 1911. Plums of New York. New York Agricultural Experiment Station, Albany, NY
- Herrero J. 1964. Cartografía de Frutales de Hueso y Pepita. Zaragoza: Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), 5 V
- Herrero J, Iturrioz M. 1971. Variedades de ciruelo en España. Anales de Aula Dei 11, 165-199.
- Kappel F, Granger A, Hrotkó K, Shuster M. 2012. Cherry. pp 459-504. In ML Badenes, Byrne DH. (ed) Fruit Breeding. Springer New York Dordrecht Heidelberg London

- Kostina KF. 1964. Application the phytogeographical method to apricot classification (in Russian). Proceedings (Trudi) of the Nikita Botanical Garden. Kolos, Moscow, v 24
- Layne REC, Bailey CH, Hough LF. 1996. Apricots. pp 79-111. In J. Janick and J.N. Moore (ed.), Fruit breeding. Vol. II. Tree and tropical fruits. John Wiley & Sons, New York, N.Y.
- Lema M, Soengas MP, Velasco P, Cartea ME. 2010. Las razas locales como reservorio de variabilidad genética. Pp 547-580. In Carrillo JM, Díez MJ, Pérez de la Vega M, Nuez F. (ed.), Mejora Genética y Recursos Fitogenéticos: "Nuevos avances en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Llácer G. 2000. La elección de variedades de albaricoque en la Comunidad Valenciana. Comunitat Valenciana agraria. 17: 26-32.
- Llácer G. 2006. El programa de mejora genética del albaricoquero en el IVIA. Primeras obtenciones. II Congreso Internacional Frutícola 'Ciutat de Carlet'. Febrero 2006. Agrícola Vergel 293: 250-258.
- Manzano MA, Bañuls P, Serradilla MJ, Pérez-Gragera F, López- Corrales M. 2014. Programa de mejora genética de cereza en el Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX- La Orden). Fruticultura, nº 38. Especial 2014. pg 42- 55.
- Martín C, Herrero M, Hormaza JI. 2011. Molecular characterization of apricot germplasm from an old stone collection. PLoS ONE 6(8): e23979.
- Martínez-Calvo J, Conejero A, Badenes ML, Llácer G, Cunill M, Durán S, Torrents J, Mestre MA, García-Brunton J. 2011. Los programas de mejora genética de frutales en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). II. Melocotonero. Revista de Fruticultura, 15: 12-29
- Martínez-Gómez P, Dicenta F, Audergon JM. 2000. Behavior of apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars in the presence of sharka ( plum pox potyvirus ): A review. Agronomie-Paris 20: 407-422.
- Moreno J. 2003. Variedades tradicionales de cerezo (*Prunus avium* L.) del Valle del Jerte (Cáceres): prospección, caracterización y clasificación. Tesis Doctoral: E.T.S.I. Agrónomos de Córdoba
- Moreno MA. 2005. Selección de variedades y patrones de melocotonero. Vida Rural, Abril pp 28-31
- Moustafa TA, Badenes ML, Martínez-Calvo J, Llácer G. 2001. Determination of resistance to sharka (plum pox) virus in apricot. Sci. Hortic. 91, 57-70.
- Okie WR, Weinberger JH. 1996. Plums pp 559-607 In J Janick y Moore JN (ed.) Fruit Breeding Vol 1:Tree and Tropical Fruits. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Orero G, Cuenca J, Romero C, Martínez-Calvo J, Badenes ML, Llácer G. 2002. Selection of seedling rootstocks for apricot and almond. Acta Hort 658: 529-533.
- Pérez-Romero LF, Casanova L, Barrera J, Jiménez R, Morales-Sillero AM, Sánchez A, Guzmán JR, Suárez MP, Rallo P. 2010. Estudio fenológico y caracterización morfo-

- lógica de variedades tradicionales de manzano y melocotonero. *Actas de Horticultura*, 60: 414-417.
- Rehder A. 1967. *Manual of cultivated trees and shrubs*. 2<sup>nd</sup> ed. Macmillan, New York. RHS.
  - Rivera D, Obón de Castro C, Ríos S, Ferrandez CS, Méndez F, Verde A, Cano F. 1996. Las variedades tradicionales de frutales de la Cuenca del Río Segura. Catálogo etnobotánico (1): frutos secos, oleaginosos, frutales de hueso, almendros y frutales de pepita. Murcia: Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.
  - Rodríguez-Navarro J, Castilla N, Revilla A, Gallego J. 1984. *Divulgación Técnica*. Consejería de Agricultura Ganadería y pesca pp 109.
  - Schuster M, Wolfram B. 2004. Results of sour cherry breeding uin Dresden-Pilnitz. *Acta Hort* 663:911-914.
  - Soriano JM, Domingo ML, Zuriaga E, Romero C, Zhebentyayeva T, Abbott AG, Badenes ML. 2012. Identification of simple sequence repeat markers tightly linked to plum pox virus resistance in apricot. *Molecular Breeding* 30:1017-1026.
  - Tabuenca MC. 1986. Características de 24 variedades de cerezo. *Anales de Aula Dei* 18 (1-2):115-128.
  - Tabuenca MC, Iturrioz M. 1991a. Descripción de variedades de ciruelo europeo I. variedades autóctonas. *Anales de Aula Dei* 20, 119-152.
  - Tabuenca MC, Iturrioz M. 1991b. Descripción de variedades de ciruelo europeo II. Reina Claudia Verde. *Anales de Aula Dei* 20, 153-163.
  - Topp BL, Russel DM, Neumuller M, Dalbó MA, Liu W. 2012. Plum. pp 571-621. In ML Badenes, Byrne DH (ed.) *Fruit Breeding*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London
  - Urrestarazu J, Pina A, Errea P. 2015. Diversity and genetic structure of European plum in mountainous areas from Northeastern Spain. *Acta Horticulturae* (en prensa) XXVI Eucarpia Congress. Fruit Section.
  - Vavilov NI. 1951. Phytogeographic basis of plant breeding. pp 13-54. In KS Chester (trans.) *The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants*. *Chronica Botanica* 13.
  - Vera Ruiz EM, Soriano JM, Romero C, Zhebentyayeva T, Terol J, Zuriaga E, Llacer G, Abbott AG, Badenes ML. 2011. Narrowing down the apricot Plum pox virus resistance locus and comparative analysis with the peach genome syntenic region. *Mol Plant Pathol* 12:535–547.
  - Wünsch A, Hormaza JI. 2004. Molecular evaluation of genetic diversity and S-allele composition of local Spanish sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 635-641
  - Zhebentyayeva T, Ledbetter C, Burgos L, Llácer G. 2012. Apricot. pp 415-458. In ML Badenes y DH Byrne (ed.), *Fruit breeding*. New York, United States: Springer.
  - Zuriaga E, Soriano JM, Zhebentyayeva T, Romero C, Dardick C, Cañizares J, Badenes ML. 2013. Genomic analysis reveals MATH gene(s) as candidate(s) for Plum pox virus (PPV) resistance in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Mol Plant Pathol* 14:663-677.

## **14. Cítricos**

---

### **Pablo Aleza\* y Luis Navarro**

Centro Citricultura y Producción Vegetal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA),  
Ctra. Moncada-Náquera km 4.5, 46113 Moncada, Valencia, España

\*e-mail: aleza@ivia.es

#### **14.1. Introducción**

#### **14.2. Principales variedades locales**

#### **14.3. Variedades locales conservadas en el Banco de Germoplasma del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias**

#### **14.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación y su utilización en programas de mejora**

##### **14.4.1. Identificación y caracterización de mutaciones espontaneas**

##### **14.4.2. Inducción de mutaciones**

##### **14.4.3. Hibridación sexual**

#### **14.5. Perspectivas**

#### **14.6. Referencias**

## 14.1. Introducción

Los cítricos son el principal cultivo frutal en el mundo con una producción estimada en el año 2012 de más de 131 millones de toneladas (FAO, 2015). En España también constituyen el principal frutal con una producción superior a los 8,8 millones de toneladas y una superficie de más de 384.000 Has (MAGRAMA, 2014). El 66% de la superficie de cultivo está en la Comunidad Valenciana, el 17% en Andalucía y el 14% en Murcia. Aproximadamente el 50% de la producción es de naranjas dulces, el 34% de mandarinas y el 15% de limones. Nuestro país es el sexto productor del mundo y el primer exportador de fruta fresca, lo que convierte a los cítricos en una de las principales fuentes de entrada de recursos económicos. Esto supone que más del 57% de la cosecha se envíe a los mercados exteriores, especialmente a los de la Unión Europea (UE), pero también a otros países como EE.UU., Suiza, Noruega y países del este de Europa no comunitarios. El 20% de la producción se destina para el consumo doméstico, 18% para la industria, fundamentalmente para la elaboración de zumo, y el 5% restante corresponde a las pérdidas.

Los cítricos y géneros afines pertenecen al orden *Geraniales*, suborden *Geraninas* y familia *Rutaceas*. Esta familia comprende seis subfamilias, y es la subfamilia de las *Aurantioideas* la que incluye a los cítricos y géneros afines. La clasificación botánica de *Citrus* muestra grandes diferencias según autores. Swingle (1946) dividió el género *Citrus* en dos subgéneros, *Papeda* y *Eucitrus*, que presentan notables diferencias anatómicas. Se distinguen sobre todo por la comestibilidad de sus frutos. Mientras que los frutos de *Papeda* contienen aceites esenciales que proporciona al jugo un sabor acre y amargo muy desagradable, los frutos del subgénero *Eucitrus* contienen en las vesículas de la pulpa un jugo más o menos agradable, exento de aceites esenciales y de sabor ligeramente amargo, dulce o ácido mucho más comestible.

El subgénero *Eucitrus*, engloba diez especies. Ocho de ellas se encuentran entre las más importantes desde el punto de vista comercial: *C. medica* L., (cidros), *C. aurantium* L. (naranjos amargos), *C. limon* (L.) Burn. f. (limoneros), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (limeros), *C. grandis* (L.) Osb. (zamboas, denominado en la literatura inglesa como pummelo o shaddock), *C. sinensis* (L.) Osb. (naranjos dulces), *C. reticulata* Blanco (mandarinos) y *C. paradisi* Macf. (pomelos). Las otras dos especies de *Eucitrus* son *C. indica* Tan. y *C. tachibana* (Mak.) Tan., que presentan un interés comercial escaso.

El género *Citrus* presenta un amplio rango de caracteres y a su vez una gran variabilidad dentro de ellos. La maduración de los frutos es desde muy temprana hasta muy tardía en la temporada. El tamaño de los frutos varía desde muy pequeños, como algunas mandarinas (alrededor de 2 cm de diámetro), hasta los más grandes como las zamboas o algunos cidros (entre 15 y 25 cm). La forma tanto de los frutos como de las hojas, así como el porte

y el crecimiento de los árboles y el contenido en semillas, son altamente variables. Es de destacar el desacuerdo taxonómico en la clasificación de *Citrus* entre Tanaka y Swingle, los dos principales botánicos clásicos que han estudiado los cítricos, sobre todo en mandarinos. Swingle agrupa a todos los mandarinos como *C. reticulata*, mientras que Tanaka como *C. reticulata* incluye únicamente el mandarino 'Ponkan'. Además, añade *C. deliciosa* Ten. (mandarinos comunes), *C. unshiu* Marc. (satsumas), *C. clementina* Hort. ex Tan. (clementinas), *C. tangerina* Hort. ex Tan. (mandarino Dancy), *C. nobilis* Lour. (mandarino King) y otras de menor importancia. Ninguno de estos dos sistemas de clasificación está bien adaptado a la realidad, pero el sistema de Tanaka es el que mejor se acopla a las características agromóricas de los distintos grupos y es el que generalmente se utiliza en los principales bancos de germoplasma de cítricos (Krueger y Navarro, 2007).

Estudios realizados mediante taxonomía numérica (Scora, 1975; Barrett y Rhodes, 1976; Maberley, 1997) y con marcadores moleculares (Asins et al., 1996; Federici et al., 1998; Herrero et al. 1995; Luro et al. 2001; Nicolosi et al. 2000) sugieren que los cítricos actuales se originaron a partir de tres especies ancestrales; cidro, mandarino y zamboa. Estudios más recientes corroboran esta teoría e indican que los cítricos actuales se originaron a partir de estas tres especies ancestrales y añaden una más, el *C. micrantha* Wester (Ollitrault et al. 2012a; Garcia-Lor et al. 2012, 2013; Wu et al. 2014; Carbonell-Caballero et al. 2015). Durante la evolución y a partir de sucesivas hibridaciones entre estas cuatro especies ancestrales se originaron las actuales especies secundarias de los cítricos, limas, limones, naranjos amargos y dulces y pomelos así como otras variedades de mandarino e híbridos de mandarinos con gran importancia económica como los tangors (naranja dulce x mandarino) y los tangelos (mandarino x pomelo). La mayoría de las especies secundarias proceden de un único híbrido original, que se ha perpetuado mediante propagación vegetativa y apomixis. La variabilidad fenotípica en estas especies se ha originado por mutaciones espontáneas en campo y como consecuencia la variabilidad genética existente es muy baja y además tienen elevada heterocigosidad (Garcia-Lor et al. 2012, 2013), lo que en la práctica impide la realización de programas de mejora mediante hibridación. La única excepción es el grupo de los mandarinos en el cual se ha observado una amplia variabilidad genética (Garcia-Lor et al. 2015), que ha permitido el establecimiento de programas de mejora genética mediante hibridación sexual tanto a nivel nacional (Navarro et al. 2015a) como internacional (Starrantino y Recupero, 1981, Grosser et al. 2010, Ollitrault y Navarro, 2012b) mientras que la mayoría de las variedades de limón, pomelo y naranja se han obtenido fundamentalmente mediante la selección de mutaciones espontáneas.

## 14.2. Principales variedades locales

Todas las especies del género *Citrus* y afines, a excepción del pomelo, se originaron en las regiones tropicales y subtropicales del sureste de Asia (noreste de la India, sur de China y península Indochina) y del Archipiélago Malayo, a partir de las cuales se extendieron hacia

otros continentes (Webber, 1967; Chapot, 1975). El pomelo se originó en la isla de Barbados, situada al este del mar Caribe, a partir de un híbrido espontáneo (Scora et al. 1982). El cidro es el primer cítrico del que se tienen noticias en España en el siglo VII, aunque puede que fuera conocido con anterioridad dadas las relaciones que se mantenían con Italia, donde el cidro era conocido varios siglos antes. En cualquier caso, lo más probable es que fuera introducido a través de Italia y cultivado en algunas regiones del litoral mediterráneo español (Zaragoza, 2007). El cidro no tiene ningún interés comercial en nuestra citricultura. Los comerciantes árabes instalados en la India llevaron, en el siglo X, el naranjo amargo hasta Omán, desde donde se difundió a Irak, Siria, Palestina y Egipto y más tarde, a través del norte de África, lo introdujeron en España, Sicilia y Cerdeña, hacia los siglos X y XI. No se sabe con certeza la época de la introducción del naranjo amargo en España (Zaragoza, 2007). El naranjo amargo tuvo una gran importancia comercial, ya que fue durante mucho tiempo prácticamente el único patrón utilizado, pero ya no se utiliza debido a su sensibilidad al virus de la tristeza de los cítricos (CTV). Actualmente en España se cultivan alrededor de 575 Has de naranjo amargo, dedicadas a la obtención de mermelada, que representan el 0,2% de la superficie total de cultivo de los cítricos por lo que el interés de la citricultura nacional por esta especie es escaso.

El limonero se supone que llegó a España al mismo tiempo o poco después que el naranjo amargo. El geógrafo toledano Ibn Bassal (1048-1075) cita por primera vez al limonero, junto al cidro y el naranjo amargo, en su Libro de Agricultura. En una obra posterior del siglo XII, se contempla claramente que tanto el cidro, el naranjo amargo y el limonero ya eran cultivados en la región de Sevilla. Las variedades autóctonas de limón tipo `Fino´ y `Verna´, son las de mayor tradición en la citricultura española. Actualmente representan el 98% del total de la producción, siendo el 70% de `Fino´ y el 28% de `Verna´. Su origen es desconocido, están muy bien adaptadas a nuestras condiciones y de hecho no se cultivan de forma significativa en otros países.

El naranjo dulce se conoció en Europa unos cuatro siglos más tarde que el naranjo amargo (Zaragoza, 2007). Del naranjo dulce no hay citas anteriores al siglo XVI, aunque existen razones para creer que fue introducido a mediados del siglo XV por los genoveses a través de sus rutas comerciales con Oriente. No obstante, fueron los portugueses los que contribuyeron a su difusión en la península Ibérica, al importar de China semillas de variedades de naranja con frutos de sabor más agradable que los del naranjo amargo. De Portugal pasarían a España y posteriormente a Italia (Zaragoza, 2007).

El naranjo dulce constituye la especie de cítricos más ampliamente distribuida y cultivada en España y en el mundo. Las variedades de naranjo dulce se pueden clasificar en tres grupos, Blancas, Navel y Sanguinas. La cuenca del Mediterráneo es un centro secundario de diversificación de las actuales variedades de naranjo dulce en el que se pueden identificar tres áreas (Aubert, 2001): la península Ibérica, un área geográfica que comprende Túnez, Malta y Sicilia y una tercera zona correspondiente al próximo Oriente.

La península Ibérica es el área de diversificación principal de las naranjas del grupo de las Blancas. Las variedades tradicionales de este grupo son de media estación con frutos dulces, pero con bastantes semillas y tamaño no muy grande. La variedad `Cadenera`, de mayor calidad, fue la variedad de naranjo dulce del grupo Blancas más importante en el desarrollo de la citricultura española durante la segunda mitad del siglo XIX. En Portugal surgió la variedad `Don Joao`, de maduración tardía, de mayor tamaño y con menos semillas. Se introdujo en las Azores y posteriormente en EE.UU. donde se renombró `Valencia Late` y desde allí se difundió a muchos países productores donde ha sufrido nuevas diversificaciones con la identificación y selección de distintas variedades que se cultivan ampliamente. El grupo de variedades tipo Navel (ombligo) surgió en el estado de Bahía (Brasil), donde los portugueses introdujeron el naranjo dulce. La variedad inicial se denominó `Bahía` y se caracterizaba por la formación de un segundo fruto de pequeño tamaño en la zona estilar del fruto, una excelente calidad, el aborto de los gametos masculinos y femeninos, por lo que no produce semillas y maduración de media estación. Esta variedad se importó en EE.UU., donde se la rebautizó con el nombre de `Washington Navel` y desde allí se expandió a los principales países cítricos donde han surgido nuevas variedades de este tipo por mutación espontánea. El origen de la variedad no está claro. Hay algunos datos que indican que pudo ser una mutación de la variedad portuguesa `Selecta`, pero es difícil imaginar una mutación doble (formación de ombligo y esterilidad gamética) en una misma planta. Otros autores sugieren que pudo ser una mutación de una variedad previamente existente que formaba ombligos, como se observa en algunos grabados antiguos. La variedad de Navel original, junto a varias mutaciones de la misma, presentan una excelente calidad de sus frutos y se ha convertido en el grupo de variedades de naranjo dulce para consumo en fresco más importante a nivel mundial.

Las naranjas Sanguinas se diversificaron en la segunda área comentada anteriormente (Túnez, Malta, Siria y Sicilia) (Ollitrault y Navarro, 2012b) y estudios moleculares recientes indican que las naranjas Sanguinas se originaron probablemente en Sicilia como consecuencia de la inserción de un retrotransposón "copia-like" junto al promotor del gen *Ruby* (Butelli et al., 2012), lo que provoca la acumulación de antocianos en los frutos de estas variedades, que son las únicas en los cítricos que tienen esta característica, confiriéndoles una coloración rojiza particular. Dentro del grupo de las naranjas Sanguinas podemos distinguir tres grupos diferentes clasificados por Hodgson (1967) como naranjas Sanguinas comunes, naranjas Sanguinas tipo `Doblefina` y tipo `Shamouti` o `Jaffa`. El primer grupo es el más antiguo de los tres. En este grupo se incluyen las variedades `Sanguinello Común`, `Maltaise`, `Moro` y `Tarocco` que se distinguen fundamentalmente en la intensidad de la tonalidad rojiza de sus frutos. Los Taroccos aparecieron en la zona de Siracusa a principios del siglo XIX y actualmente en Sicilia disponen de numerosas selecciones de `Taroccos` con diferentes coloraciones. El segundo grupo de naranjas sanguinas es originario de la península Ibérica y se produjeron a partir de la variedad `Doblefina` cuyo origen se desconoce. La variedad más destacada de este grupo es `Sanguinelli`, identificada alrededor de 1950 y

originada a partir de una mutación espontánea de `Doblefina´. El último grupo es originario del Líbano y Siria. La variedad `Shamouti´ es una de las principales variedades de este grupo, muy cultivada en Oriente Medio.

En la actualidad el 67,2% de la producción española de naranjas corresponde al grupo de las Navel que se destina principalmente para consumo en fresco, el 32,4% al grupo de las Blancas para zumo y derivados fundamentalmente mientras que las Sanguinas únicamente representan el 0,4% de la producción total de naranja, aunque su producción está aumentando debido a su asociación con efectos beneficiosas para la salud por el alto contenido de antocianos de sus frutos.

Los mandarinos se conocen en el sureste de China desde tiempo inmemorial, aunque no llegaron a Europa hasta épocas relativamente recientes (Zaragoza, 2007). Uno de los primeros en conocerse fue el mandarino `King´, de clima tropical, que pudo llegar a España a principios del siglo XIX, pero no tuvo aceptación ya que no se adaptó a las condiciones ambientales del mediterráneo (Zaragoza, 2007). El mandarino `Común´ era conocido en Europa desde hace más de dos siglos, cuando en 1805, Sir Abraham Hume lo introdujo en Inglaterra procedente de Cantón, China, y posteriormente se llevó al continente hacia 1828. En España, en 1845, el Conde de Ripalda consideró que el cultivo de este mandarino podía ser muy interesante para su explotación a nivel comercial y fue Juan Polo de Bernabé, miembro de la Comisión de Agricultura de la Real Sociedad Económica de Amigos del País Valencia, quien entre 1845 y 1856, estableció las primeras plantaciones comerciales de mandarino `Común´ en la provincia de Castellón. La importancia comercial de este mandarino en aquella época fue enorme ya que el fruto presentaba unas características superiores a los cítricos conocidos en aquel momento como su fácil pelado, buenas propiedades organolépticas y por el inconfundible e intenso aroma de los aceites esenciales (Zaragoza, 2007). Las satsumas son un grupo de mandarino que aparecieron hacia el siglo XVI, originarias de la provincia de Satsuma ubicada en la isla de Kyushu, al sur de Japón (Zaragoza, 2007) y es probable que se obtuviera a partir de chance seedlings de la variedad de mandarino `Tsao Chieh´ importada de China (Saunt, 2000). Estudios pomológicos realizados por Tanaka en 1918 (citado por Nishiura, 1964) confirman la existencia de al menos cinco tipos de satsumas, Zairai, Ikeda, Ikirika, Owari y Wase, de los cuales, Owari y Wase, son los que se han extendido y multiplicado a nivel comercial. En Florida las satsumas ya eran conocidas desde 1876 y posteriormente se importaron a California. En España fueron introducidas desde EE.UU., hacia 1925, aunque no adquirieron importancia hasta la década de los 60 y actualmente representan el 6% de la producción total de mandarino.

Las clementinas son las variedades más representativas de la citricultura española y suponen más del 70% de la producción total de mandarina a nivel nacional. La clementina se identificó hace más de un siglo, en 1902, a partir de un chance seedling de mandarino `Común´ realizado por el padre Clement Rodier en el jardín del orfanato de los padres de

Saint-Esprit en la ciudad de Misserghin cerca de Omán, Argelia (Hodgson, 1967). En 1925 la cooperativa argelina de cítricos Boufarik realizó las primeras exportaciones de frutos de clementina a los mercados de París en los que tuvo una aceptación extraordinaria lo que provocó que el cultivo de la clementina se extendiera rápidamente por toda la cuenca mediterránea (Argelia, Túnez, Marruecos, España, Italia y Córcega) (Jaquemond et al. 2013). En ese mismo año se realizaron las primeras plantaciones de clementina procedentes de Argelia en Córcega y España que rápidamente reemplazaron a las de mandarino `Común` debido fundamentalmente a la calidad organoléptica de los frutos (Jaquemond et al. 2013). La primera plantación comercial de pomelo de la que hay constancia se hizo en Carcaixent (Valencia) en el huerto de Santa Amelia, en 1929, de la variedad `Marsh` (Herrero, 1929). Tres años antes, se importó de El Cabo (Sudáfrica) la variedad `Walter`, de Florida las variedades `Triumph`, `Duncan` y `McCarty` y de California la `Marsh` seedless (Herrero, 1973), aunque sólo se difundió comercialmente esta última. La importancia comercial del pomelo en la citricultura española es muy reducido ya que únicamente el 1% de la producción total de cítricos corresponde al pomelo y principalmente a la variedad `Star Ruby`.

### **14.3. Variedades locales conservadas en el Banco de Germoplasma del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias**

La agricultura moderna utiliza sólo unas pocas variedades seleccionadas de alto rendimiento y calidad para cada cultivo lo que ha llevado al abandono de algunas de las variedades tradicionales. Además, las deforestaciones incontroladas y el avance de las ciudades y zonas industriales están ocasionando la pérdida de muchas especies silvestres relacionadas con las cultivadas. Esta situación provoca una fuerte erosión y pérdida de recursos fitogenéticos que son el resultado de miles de años de evolución y que contienen el acervo genético que les confieren sus características. Es evidente la necesidad de conservación de estos recursos fitogenéticos ya que son fuente de variabilidad para los programas de mejora genética desarrollados por métodos clásicos o mediante la aplicación de técnicas biotecnológicas. La actual citricultura se basa en la utilización de variedades seleccionadas u obtenidas por su calidad, rendimiento y tolerancia a estreses bióticos y abióticos lo que conlleva a la desaparición paulatina de las variedades tradicionales situando la citricultura en una posición muy vulnerable ya que los cítricos se multiplican vegetativamente y las variedades cultivadas presentan una reducida variabilidad genética.

El Banco de Germoplasma del IVIA (BGCI) tiene como objetivo establecer una colección que contenga la mayor variabilidad existente en las especies del género citrus y especies de los géneros afines a los cítricos. Todas las accesiones del BGCI se han saneado mediante la técnica de microinjerto de ápices caulinares *in vitro* y las variedades extranjeras se han introducido a través del sistema de cuarentena *in vitro* (Navarro et al. 1975; Navarro et al. 1984; Navarro y Juárez, 2007). El material vegetal libre de patógenos se utiliza para el establecimiento de las colecciones de campo y protegida (Navarro et al. 2002). En la colección

de campo se mantienen de dos a seis árboles de cada accesión en una superficie total de aproximadamente seis hectáreas que se usa para la caracterización y descripción de las diferentes accesiones además de su utilización directa para diversos trabajos de investigación relacionados como la mejora genética, fisiología, genómica, genética, etc. La colección protegida se cultiva en contenedores en el interior de recintos cubiertos con malla antipulgón para evitar la recontaminación con agentes patógenos y se utiliza como bloque inicial de material vegetal sano para el programa de certificación de plantas producidas en los viveros comerciales (Navarro, 2015b; Pina et al. 2015). Hay que resaltar que los cítricos son los únicos frutales en España en los que el 100% de las plantas producidas en los viveros son certificadas y además hay una sola fuente de material vegetal. Esto facilita enormemente la comercialización de todas las variedades obtenidas por mejora genética, tanto si son de dominio público como protegidas. El BGCI también dispone de una colección crioconservada que está compuesta por callos embriogénicos conservados a  $-198^{\circ}$  C en nitrógeno líquido para su mantenimiento a largo plazo y su utilización como fuente de material para la mejora genética utilizando diferentes técnicas biotecnológicas, fundamentalmente la fusión de protoplastos (Navarro et al. 2004).

Actualmente está constituido por más de 700 accesiones que representan a 51 especies diferentes del género *Citrus* y a 44 especies de 20 géneros afines a los cítricos y 142 híbridos intra e interespecíficos (Navarro, 2015b). Respecto a las variedades de limonero el BGCI incluye 45 accesiones, la mayoría obtenidas a partir de mutaciones, selecciones o plantas nucelares de las variedades de origen español 'Fino' y 'Verna' y de las variedades 'Lisbon' y 'Eureka', probablemente de origen portugués y Los Angeles (California, 1858), respectivamente. También hay variedades de origen italiano y griego. De naranjo dulce, el BGCI dispone de 150 accesiones de *C. sinensis* de las cuales del grupo Navel hay más de 40 accesiones, del grupo Blancas más de 60 accesiones y del grupo Sanguinas más de diez. Todas estas accesiones representan los diferentes centros de diversificación de la cuenca del mediterráneo de las actuales variedades de naranjo, además de las originadas en otras partes del mundo con importante tradición cítrica como Florida, California, Brasil, Argentina, Sudáfrica, China y Japón. Respecto a las variedades de mandarina con mayor tradición en nuestra citricultura, el BGCI incluye ocho accesiones de mandarina 'Común' (*C. deliciosa*), 25 accesiones de satsuma (*C. unshiu*) y más de 70 accesiones de clementina (*C. clementina*) siendo el banco de germoplasma que a nivel mundial incluye el mayor número de accesiones de este último grupo de mandarinos. Todas las accesiones del BGCI se han caracterizado de acuerdo con los descriptores de cítricos del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) y propios del IVIA. Este material vegetal es de gran interés para los programas de mejora genética de cítricos ya que se ha utilizado para el desarrollo de marcadores moleculares (Ollitrault et al. 2010; Cuenca et al. 2013), obtención de parentales (Aleza et al. 2009) e híbridos triploides (Aleza et al. 2010a; 2012a; 2012b), cíbridos e híbridos somáticos (Olivares-Fuster et al. 2002, 2005; Aleza et al. 2016a), transformación

genética (Peña et al, 2008), inducción de mutantes mediante irradiación de ápices y varetas de cítricos (Asins et al. 2002; Talón et al. 2011), elaboración de mapas genéticos (Ollitrault et al. 2012c), estudios de la genética de plantas poliploides (Aleza et al. 2016b), expresión de genes en plantas haploides y euploides de cítricos (Niñoles et al. 2015), trabajos relacionados con la filogenia (Curk et al. 2015a, 2015b; Garcia-Lor et al. 2012, 20113, 2015), genómica (Aleza et al. 2009; Carbonell-Caballero et al. 2015) y la biología reproductiva de los cítricos (Aleza et al. 2010b).

#### **14.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación y su utilización en programas de mejora**

Las principales especies cultivadas de los cítricos, los naranjos dulces, los limoneros, los pomelos, las satsumas y las clementinas, tienen en común que se originaron en una única hibridación que se ha mantenido en el tiempo como consecuencia de la apomixis y la propagación vegetativa. Los recientes estudios moleculares han confirmado que los naranjos dulces se originaron a partir de la hibridación entre dos híbridos interespecíficos de zamboa y mandarina (Garcia-Lor et al. 2013; Carbonell-Caballero et al. 2015), los limoneros se obtuvieron a partir de una hibridación entre el naranjo amargo y el cidro (Curk et al. 2015a) y los pomelos se originaron del cruce espontáneo entre una zamboa y un naranjo dulce (Ollitrault et al., 2012a; Carbonell-Caballero et al. 2015). Las clementinas se originaron a partir de una hibridación entre el mandarina `Común´ y el naranjo dulce (Wu et al. 2014, Carbonell-Caballero et al. 2015; Garcia-Lor et al. 2015) mientras que las satsumas presentan introgresión de zamboa y constituyen un grupo claramente diferenciado del resto de grupos de mandarina (Curk et al. 2015b; Garcia-Lor et al. 2015).

En la diversificación de estas especies no se han producido hibridaciones adicionales, lo que implica que su genoma está compuesto por mosaicos de genes procedentes de las especies ancestrales con poca recombinación y en consecuencia con elevada heterocigosis (Curk et al. 2014, 2015a, 2015b). En estas especies se ha producido una diversificación fenotípica mediante mutaciones espontáneas que con relativa frecuencia se producen en los cítricos y que ha dado lugar a la gran mayoría de las variedades cultivadas en el mundo. Una parte importante de las mutaciones se producen posiblemente por la movilización de elementos transponibles (Bretó et al. 2003) que constituyen el 45% del genoma de los cítricos (Wu et al. 2014).

La consecuencia del origen y diversificación de los naranjos dulces, limoneros, pomelos, satsumas y clementinas es que la variabilidad genética existente en los mismos es escasa, lo que unido a su elevada heterocigosis impide en la práctica la realización de programas de mejora basados en la hibridación sexual. En estos grupos de cítricos la obtención de nuevas variedades se realiza fundamentalmente mediante identificación y selección de mutaciones espontáneas. Más recientemente se han abordado programas de inducción de mu-

taciones y cibridización para la obtención de nuevas variedades en estos grupos de plantas (Asins et al. 2002; Grosser et al. 2000; Vardi et al. 2003; Roose y Williams, 2007; Talón et al. 2011; Aleza et al. 2016a). Como se ha indicado anteriormente, el grupo de los mandarinos representa una excepción a esta situación general ya que en los mismos hay una elevada diversidad genética (García-Lor et al. 2015), por lo que pueden abordarse programas de hibridación sexual.

A continuación, se comentan las estrategias más importantes utilizadas en los cítricos para la obtención de nuevas variedades destacando la importancia de las variedades locales en las diferentes estrategias.

#### **14.4.1. Identificación y caracterización de mutaciones espontaneas**

Las variedades locales están muy bien adaptadas a las condiciones de cultivo específicas de cada lugar, por lo que representan una excelente fuente para la producción de nuevas variedades por mutación igualmente adaptadas. La identificación de nuevas mutaciones, relacionadas fundamentalmente con la época de maduración, el tamaño y la calidad de los frutos, se ha favorecido en la citricultura española por el pequeño tamaño de las explotaciones y el conocimiento detallado de los árboles por los agricultores. Ello ha permitido la obtención a lo largo del tiempo de nuevas variedades de algunas especies que han mejorado considerablemente la rentabilidad del cultivo. Las variedades de limón más importantes en la citricultura española son el limón `Fino´ y `Verna´, ambas autóctonas y de origen desconocido. El limón `Fino´ se recolecta desde principios de octubre hasta finales de febrero mientras que el `Verna´ se recolecta desde principios de febrero hasta finales de mayo. En la década de los 70 se realizó una amplia prospección para la identificación de mutantes de estas dos variedades y se han consolidado en el mercado por su superior calidad, producción y época de madurez los clones `Fino-49´, `Fino-95´, `Verna-51´ y `Verna-62´, de los que en conjunto los viveros han comercializado más de 6 millones de plantas. 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 pocas semillas. Se han seleccionado las variedades `Finolate´, `Garpo´, `Fino Callosa´, `Berí´, `Bétera´, `Millenium´, `Lider´ y `Chaparro´, derivadas de `Fino´ y la variedad `Pisana´ derivada de `Verna´. Algunas de estas variedades se han protegido y está empezando su comercialización. Las naranjas dulces han experimentado una importante diversificación fenotípica mediante mutaciones, que incluso, como se ha indicado anteriormente, han dado lugar a tres subgrupos de variedades. 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 con la modernización de la citricultura española en la segunda mitad del siglo XX. La excepción es la variedad `Salustiana´, que es una mutación espontánea de una naranja común identificada en 1950 por Salustiano Pallas en un árbol cultivado en un jardín de un convento próximo a

Énova (Valencia). Los frutos pueden recolectarse desde principios de diciembre hasta finales de marzo, tienen pocas semillas y bastante calidad. A pesar de que no se la considera una variedad de excepcional calidad se han plantado unos 6 millones de plantas certificadas y se continúa plantando algo más de 100.000 plantas al año.

Las variedades del tipo de `Valencia Late` son importantes en la citricultura española. Como se ha indicado anteriormente la variedad es aparentemente de origen portugués y se ha diversificado en distintos países, fundamentalmente en EE.UU. y Sudáfrica, donde se han originado distintas variedades que se cultivan en nuestro país. En España también se han identificado distintas mutaciones de Valencia, pero sólo la variedad `Barberina` se ha protegido y propagado comercialmente. Los frutos de las variedades de tipo `Valencia Late` se pueden recolectar desde finales de marzo hasta finales de mayo y las distintas variedades difieren en tamaño del fruto, época de maduración y número de semillas, que normalmente son escasas. Estas variedades se siguen cultivando ampliamente para consumo en fresco y para la elaboración de zumos. Las variedades de naranjas del grupo Navel son las de mayor interés en nuestra citricultura. La variedad `Washington Navel` se introdujo en España en 1910 y poco a poco fue expandiéndose debido a su alta calidad. En prospecciones realizadas a principios de la década de los 70 se seleccionó en Foyos un árbol típico de la variedad, pero con una elevada producción y calidad de la fruta (la `Washington Navel Foyos`, IVIA-45). Se puede recolectar desde principios de diciembre hasta finales de marzo. Después de su saneamiento e inclusión en el programa de mejora sanitaria es el único clon de la variedad propagado, del que se han vendido cerca de 6 millones de plantones. En 1948 se detectó en Vinaroz (Castellón) una mutación tardía de `Washington Navel` que se denominó `Navelate`. Puede ser recolectada un poco más tarde que la `Washington Navel`, hacia mediados de abril. Esta variedad, de la que se han plantado unos 7 millones de árboles, produce probablemente los frutos de cítricos de mayor calidad en el mundo. Sin embargo, su producción es menor que otras variedades de Navel, por lo que tiene unos costos de producción superiores que los mercados no pagan adecuadamente y en consecuencia lamentablemente en los últimos años su cultivo está disminuyendo. La variedad temprana `Navelina` se introdujo en España en 1933 desde el Citrus Research Center de Riverside (California), la cual según las anotaciones de este centro de investigación se la conocía con el nombre de `Smith's Early Navel` y se pensaba que surgió a partir de una mutación espontánea de una variedad local. Esta variedad puede recolectarse desde finales de octubre hasta finales de enero dependiendo de las zonas de cultivo. A finales de la década de los 70 del pasado siglo se realizó una amplia prospección de árboles de esta variedad y se seleccionó en Albal (Valencia) el clon `Navelina Ricart` por su superior calidad, uniformidad de tamaños y productividad. De esta selección se han plantado unos 18 millones de árboles y se ha convertido en la variedad de naranjo más cultivada en nuestro país. En el grupo de las Sanguinas la variedad más conocida es la `Sanguinelli` que es una mutación espontánea de `Doblefina` caracterizada por una coloración rojiza más acentuada de la corteza, pulpa y zumo de sus frutos. Durante las últimas décadas el cultivo de `Sanguinelli` en nuestra citricultura fue retrocedien-

do paulatinamente aunque durante estos últimos años se ha observado un creciente interés por esta variedad debido al alto contenido de antocianos en sus frutos. Los antocianos son los compuestos flavonoides más abundantes en frutos y vegetales, son los responsables del color rojizo del zumo y de los frutos y además presentan propiedades beneficiosas para la salud como la prevención de las enfermedades coronarias, efectos antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos, además de prevenir la obesidad y mejorar la agudeza visual y el comportamiento cognitivo. El cultivo de las naranjas Sanguinas está limitado porque durante el periodo de la maduración del fruto requieren unas condiciones climáticas muy específicas, ya que la expresión del gen *Ruby* está regulada por bajas temperaturas.

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 distintas variedades del grupo de las Navel ('Lane Late', 'Powell', 'Chislett', 'Barnfield' y 'Fukumoto') y del grupo de las Valencias ('Delta' y 'Midnight') obtenidas por mutaciones espontáneas originadas en Australia, Japón y Sudáfrica. Respecto a los mandarinos, el mandarino 'Común' tuvo un interés destacado en Italia durante el siglo pasado y se identificaron diferentes variedades como 'Avana', 'Avana Apireno' y 'Tardivo di Ciaculli' caracterizadas por producir frutos con un color ligeramente más anaranjado, menor número de semillas y época de maduración más tardía, respectivamente.

En España, en Alcanar y Villarreal, también se identificaron mutaciones espontáneas de mandarino 'Común' caracterizadas por el menor contenido de semillas en sus frutos. Este mandarino en Argentina es conocido con el nombre de 'Criollo' y en Uruguay con el nombre de 'Salteñita'. En la actualidad el mandarino 'Común' no se cultiva comercialmente debido al alto contenido en semillas de sus frutos, acusada producción alternante y tendencia al bufado. Esta variedad se reemplazó por otras variedades menos aromáticas pero de una calidad comercial superior como las satsumas, clementinas y algunos híbridos de similar aspecto y fácil pelado (Zaragoza, 2007). Desde principios del siglo XIX en Japón se han obtenido numerosas variedades de satsuma mediante la identificación de mutaciones espontáneas o a partir de selecciones nucelares (mutaciones originadas en los embriones nucelares formados en las semillas de los genotipos apomícticos de cítricos). Estas nuevas variedades se caracterizaban por tener un mayor contenido en azúcares y diferentes periodos de recolección; extra tempranas, tempranas, media estación y tardías. La mayoría de estas variedades se originaron a partir de la satsuma tipo 'Owarí' de recolección fundamentalmente tardía y de la satsuma 'Miyagawa Wase' de recolección temprana. En España las variedades de satsuma más importantes en la actualidad son 'Okitsu', 'Iwasaki' y 'Owari frost'. La satsuma 'Okitsu' se obtuvo en 1940 a partir de una selección nucelar de 'Miyagawa Wase' y presenta una época de maduración temprana (finales septiembre principios de octubre). 'Iwasaki' es del tipo Wase originada en 1978 a partir de una mutación espontánea de 'Okitsu Wase' y época de recolección extra temprana (finales agosto y septiembre). 'Owari Frost' es una selección nucelar de 'Owarí' cuyos frutos presentan una época de maduración tardía (finales

de diciembre). Todas estas variedades de satsuma no son variedades españolas. En este sentido, la satsuma `Clausellina´ es una mutación de satsuma `Owari´ que se identificó en 1962 en Almazora (Castellón) por Francisco Llatser. Variedad que presenta una maduración temprana, produce fruta de calidad aunque está en desuso debido fundamentalmente a las dificultades de crecimiento de los árboles. Recientemente se ha mostrado interés por satsumas de maduración tardía. Las variedades `Serafinés´ 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´. En el grupo de las clementinas se han producido y se continúan produciendo un gran número de variedades por mutaciones espontáneas.

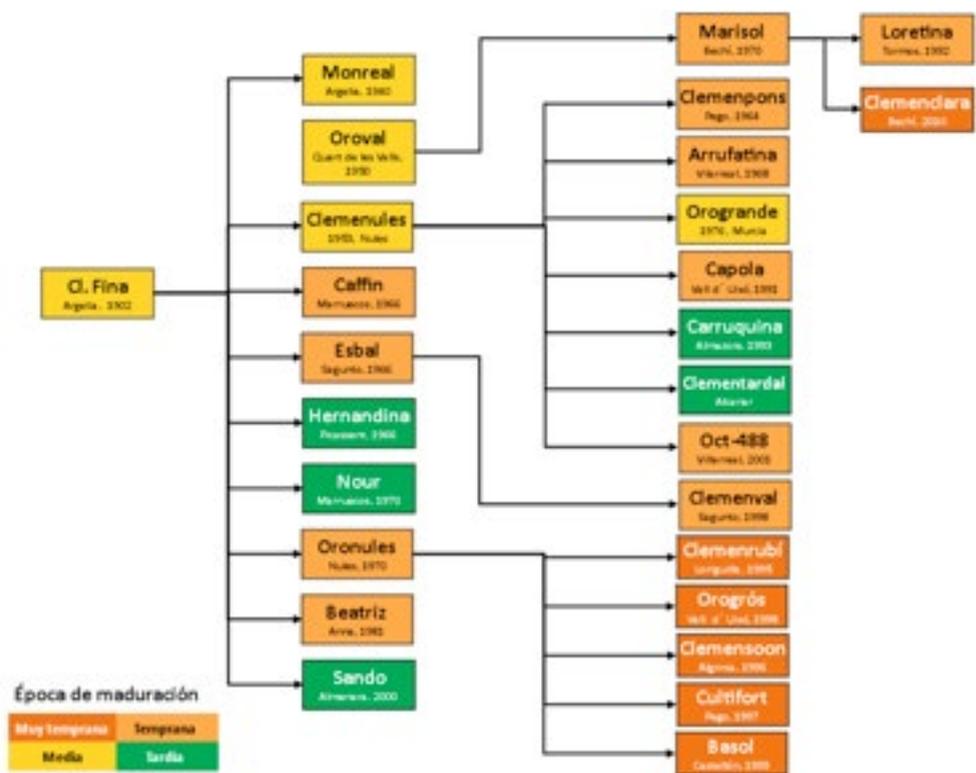
En la Figura 1 se muestran las principales variedades de clementina que han tenido o están teniendo en la actualidad mayor interés comercial en España, indicando la época de maduración de sus frutos. La clementina `Fina´ fue la primera clementina introducida en España y hasta la actualidad se han seleccionado multitud de mutaciones que han dado origen a la mayoría de las clementinas que se cultivan en nuestros días. Clementina `Fina´ es una variedad de media estación, de buena calidad organoléptica, aunque los frutos son de reducido tamaño. `Clemenules´ se obtuvo en 1953, en la localidad de Nules (Castellón), a partir de una mutación espontánea de `Fina´ y es sin duda alguna una de las mejores variedades de clementina por las propiedades organolépticas de sus frutos y en la actualidad sigue siendo la clementina más cultivada a nivel nacional.

De hecho, esta variedad es la más propagada de los cítricos en el programa de certificación, con unos 20 millones de plántones suministrados a los agricultores. Aparte de `Fina´ y `Clemenules´, las variedades de clementina más representativas actualmente son `Clemenrubí´, `Clemensoon´, `Orogrós´ `Oronules´, `Marisol´ y `Hernandina´. `Oronules´ y `Marisol´ son variedades tempranas con frutos de buen tamaño. Los frutos de `Oronules´ son de alta calidad organoléptica mientras que la calidad de `Marisol´ es relativamente baja y con tendencia al bufado. 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, aunque tienen problemas relacionados con el pequeño tamaño del fruto y la formación de yemas múltiples en el tronco, que pueden llegar a producir el colapso de la planta. La `Hernandina´ es la primera variedad tardía de clementina que se obtuvo y se sigue comercializando actualmente. Sus frutos son de relativamente baja calidad organoléptica aunque recientemente han aparecido nuevas mutaciones de clementina de maduración tardía como `Carruquina´ y `Clementardal´ de las cuales no se conoce mucho de ellas. Además, recientemente se han detectado nuevas mutaciones que se han presentado para su protección y que aún no se están comercializando. Todas estas variedades de clementina son autoincompatibles, pero pueden producir frutos con semillas como consecuencia de la polinización cruzada.

### 14.4.2. Inducción de mutaciones

#### Irradiación

La mutagénesis inducida ha sido otra metodología empleada en cítricos para la obtención de nuevas variedades. La primera variedad de interés comercial obtenida por mutagénesis fue el pomelo `Star Ruby` (Hensz, 1971). Posteriormente se ha seguido utilizando y ha sido el origen de algunas de las variedades de mandarino que actualmente presentan un gran interés como `Tango` y `Orri`. `Tango` es una variedad obtenida a partir de la irradiación de yemas del tangor `Nadorcott` desarrollada en Riverside, California (Roose y Williams, 2007) y `Orri` se obtuvo en Israel a partir de la irradiación de yemas del mandarino `Orah` (Vardi et al. 2003).



**Figura 1.** Principales variedades de clementina obtenidas a partir de mutaciones espontáneas en las que se indica el lugar y el año donde se originó la mutación. Los diferentes colores de las variedades hacen referencia a la época de maduración de los frutos.

En el IVIA se están realizando diferentes trabajos dirigidos a la obtención de nuevas variedades de clementina mediante irradiación con la finalidad de obtener variedades estériles. Asins et al. (2002) irradiaron ápices de clementina `Clemenules`. Posteriormente mediante

la técnica de microinjerto regeneraron plantas obteniendo una nueva variedad de clementina, `Nulessin´. Actualmente en el IVIA se está realizando un programa de irradiación de yemas de `Clemenules´ y mandarina `Moncada´ con rayos gamma o neutrones rápidos y hasta el momento se han obtenido tres nuevas variedades de clementina, `Clemenverd´, `Nero´ y `Neufina´ (Talón et al. 2011). La mandarina `Moncada´, híbrido de clementina `Hernandina´ y mandarina `Kara´ se obtuvo a finales de los 90 en el IVIA por el equipo de R. Bono (Bono et al. 2005). A partir del mandarina `Moncada´ se ha seleccionado el clón `Moncalina´ que presenta las características de la variedad inicial y además produce polen con una viabilidad muy baja y produce frutos sin semillas.

`Clemenverd´ se caracteriza por su época de recolección tardía ya que la corteza del fruto se mantiene en buenas condiciones durante más tiempo que la clementina `Hernandina´ además de presentar un contenido en ácidos totales superior a esta. `Nulessin´ y `Neufina´ se caracterizan por presentar una menor fertilidad ya que los frutos de estas variedades 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 y sus frutos no producen semillas ni en la cercanía de variedades polinizadoras.

### **Cibridación**

La hibridación somática consiste en la fusión in vitro de protoplastos aislados de células somáticas de dos parentales para producir una célula híbrida. En la hibridación somática hay una adición de los genomas de ambos parentales para producir un híbrido tetraploide. Además, en el proceso no se produce recombinación de los genomas parentales, como ocurre con la hibridación sexual. La hibridación somática se ha utilizado fundamentalmente para mejora de patrones y para la obtención de parentales tetraploides para la obtención de variedades triploides. En el proceso de fusión de protoplastos se ha observado durante años que ocasionalmente se producen híbridos que contienen el núcleo de uno de los parentales y todo o parte del genoma citoplasmático (mitocondrias y cloroplastos) del otro parental.

Estos híbridos se denominan "cíbridos" y recientemente han despertado un gran interés para la mejora de variedades. Prácticamente toda la información genética de una planta se encuentra en el núcleo de sus células, pero una parte de la misma está en los orgánulos del citoplasma (mitocondrias y cloroplastos). Por tanto, los cíbridos poseen la característica de mantener las mismas propiedades que el parental que no ha sido modificado, excepto para algunos caracteres cuya información se encuentra en el citoplasma, como teóricamente podría ser resistencia a enfermedades, esterilidad masculina, eficiencia energética, etc.

La evaluación de los cíbridos que se han obtenido ocasionalmente ha confirmado que mantienen las características básicas del parental donante del núcleo, pero también se han observado pequeños cambios (época de maduración, composición de aceites esenciales

y ácidos orgánicos, mantenimiento de frutos en árbol, cantidad de semillas) que tienen un elevado interés para la mejora. De hecho, esta técnica se ha incorporado activamente a la mejora de cítricos en China y en Florida y ya hay selecciones que pueden liberarse a corto plazo. En limonero se han obtenido cíbridos que confirman el mantenimiento de las características esenciales de la variedad, pero con algunos cambios de interés, como por ejemplo la composición de aceites orgánicos. Hasta ahora los cíbridos se obtenían de forma accidental e incontrolada, pero recientemente en el IVIA se han desarrollado protocolos que favorecen la formación de cíbridos en el proceso de fusión de protoplastos (Aleza et al. 2016a). Por ello esta tecnología podría utilizarse para la mejora de especies con alta heterocigosis y escasa variabilidad genética. Actualmente en el IVIA se está aplicando esta metodología para la obtención de nuevas variedades de satsumas y clementinas.

#### **14.4.3. Hibridación sexual**

El número de variedades cultivadas procedentes de programas de mejora genética durante finales del siglo XX ha sido bajo, aunque en la actualidad cada vez se están cultivando más variedades de cítricos, y especialmente de mandarino, originadas a partir de programas de mejora genética. La variabilidad genética existente en los limones, naranjo dulce, satsumas y clementinas es muy reducida, como hemos comentado anteriormente, y la mayoría de las variedades se han obtenido a partir de mutaciones espontáneas o inducidas. Sin embargo, estudios recientes sobre la diversidad genética y estructura poblacional del germoplasma de mandarino (García-Lor et al. 2015) indican que el grupo de mandarino es altamente polimórfico, presenta una alta variabilidad genética en la que se pueden identificar siete grupos diferentes a nivel nuclear entre los cuales el mandarino `Común` y las satsumas se encuentran en dos grupos distintos mientras que las clementinas se hallan representadas al 50% por el grupo del mandarino `Común` y al 50% por el grupo de los tangors (híbridos de mandarino x naranja).

En España a nivel comercial se pueden distinguir tres grandes grupos de mandarinos como hemos indicado anteriormente; satsumas, clementinas e híbridos tipo mandarino. 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. No obstante, las características organolépticas de los frutos de satsuma respecto a los de otros grupos de variedades de mandarino como las clementinas son claramente inferiores debido principalmente al bajo contenido en azúcares y ácidos totales.

Las clementinas son las variedades más representativas de la citricultura española por su calidad y aceptación por el consumidor. Hay muchas variedades (Figura 1) que se recolectan entre mediados de septiembre y finales de enero. Las clementinas son mandarinas partenocárpicas, autoincompatibles y no se polinizan entre ellas, por lo que la fruta no tiene semillas. No obstante tanto el polen como los óvulos son viables, y pueden producir semillas

por polinización cruzada con otras variedades de mandarino. Los híbridos tipo mandarino, fundamentalmente `Fortune´, `Nova´ y `Ortanique´, se introdujeron en la citricultura española como consecuencia de la importante demanda de mandarinas tardías por los mercados internacionales. Son autoincompatibles y permiten prolongar la recolección hasta mayo. A pesar que presentan problemas como la dificultad de pelado y caracteres organolépticos claramente inferiores a las clementinas, tuvieron inicialmente una gran aceptación en los mercados y produjeron alta rentabilidad para los agricultores. No obstante, estas variedades tienen el gran inconveniente que permiten la polinización cruzada con las clementinas, lo que provoca la aparición de semillas en ambos grupos de variedades. Esto produce un importante problema comercial, ya que los consumidores no aceptan las mandarinas con semillas. Además, `Fortune´ y `Nova´ son susceptibles a la enfermedad de la mancha marrón de las mandarinas causada por el hongo *Alternaria alternata*. Los frutos afectados presentan depresiones necróticas de tamaño variable y pústulas suberosas en la corteza que deprecian comercialmente la fruta para su consumo en fresco. Cuando las infecciones afectan a los frutos jóvenes en primavera, muchos sufren una abscisión prematura, lo que reduce notablemente la producción. Este hongo ha provocado el arranque o sobreinjerto de los árboles de estas variedades susceptibles. La consecuencia fue que durante las últimas décadas del siglo XX hubo una disminución de plantaciones de mandarinos de maduración tardía y el incremento de plantaciones de clementina, fundamentalmente `Clemenules´. Esto ha creado un grave problema, ya que hay una producción de clementinas superior a la demanda del mercado, lo que ocasiona 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, entre las que destacan `Nadorcott´, `Tango´ y `Orri´. Además, se han originado importantes empresas privadas que gestionan numerosas variedades de cítricos obtenidas por todo el mundo. Muchas de estas variedades están en fase de estudio, se conoce muy poco de ellas y no se dispone de información suficiente sobre su comportamiento en nuestras condiciones ambientales. Algunas no producen semillas y otras son susceptibles a *Alternaria*, aunque de momento los daños son relativamente bajos con los tratamientos adecuados. Además, están protegidas y en la mayoría de los casos, exigen unas condiciones y precios muy elevados que son difíciles de soportar por los agricultores, que en la práctica las hacen inaccesibles para los pequeños agricultores. Ante esta situación es necesario establecer programas de mejora genética públicos con el objetivo de producir nuevas variedades de mandarino mejor adaptadas a las demandas de calidad creciente de los consumidores, que no produzcan semillas en condiciones de polinización cruzada, que maduren durante todo el periodo de comercialización de mandarinas, que produzcan fruta de forma más eficiente y con menores costes de cultivo, que sean resistentes a los patógenos que originan importantes pérdidas económicas a los agricultores y que sean accesibles para todos ellos.

Para abordar estos problemas, en 1996 nuestro grupo 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. 2015a). En la meiosis de las plantas triploides se originan asociaciones multivalentes y como consecuencia se producen gametos con distintas dotaciones cromosómicas que reducen la viabilidad de los mismos (Cameron y Frost 1968; Fatta Del Bosco et al. 1992). Por ello los híbridos triploides tienen 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. La gran mayoría de los cultivares de cítricos son diploides ( $2n=2x=18$ ), aunque variantes euploides, particularmente triploides y tetraploides, se encuentran de forma espontánea. Desde los años setenta del pasado siglo se conocía que podían obtenerse híbridos triploides de cítricos en polinizaciones  $2x \times 4x$ ,  $4x \times 2x$  y  $2x \times 2x$  (Cameron y Burnett, 1978; Esen y Soost, 1971; Esen et al., 1978). Se ha comprobado posteriormente que la obtención de híbridos triploides en cruzamientos entre parentales diploides está causada por la formación de gametos femeninos no reducidos (gametos  $2n$ ) (Aleza et al. 2015, Cuenca et al. 2015). No obstante, estas observaciones no pudieron aplicarse en programas de mejora hasta que se desarrollaron técnicas biotecnológicas para el rescate y cultivo in vitro de los embriones triploides, para el análisis del nivel de ploidía mediante citometría de flujo y para la obtención de nuevos parentales tetraploides (Aleza et al. 2009, 2010a, 2011, 2012a, 2012b).

Las variedades locales y tradicionales de mandarino han tenido y están teniendo una gran contribución en el desarrollo del programa de mejora genética. Diferentes variedades de mandarino 'Común', satsuma y fundamentalmente clementinas se han utilizado como parentales para la obtención de híbridos triploides mediante hibridaciones sexuales entre parentales diploides. Además, recientemente hemos identificado que la no restitución de la segunda división meiótica (SDR) es el mecanismo implicado en la formación de gametos no reducidos en las clementinas (Aleza et al. 2015, Cuenca et al. 2015).

Otro aspecto muy importante para la obtención de híbridos triploides es la creación de nuevos parentales tetraploides que no existían en el germoplasma de los cítricos cuando se inició el programa. Utilizando diferentes estrategias (Aleza et al. 2009b, 2011, 2016a; Navarro et al. 2015a) se han obtenido plantas tetraploides estables de variedades tradicionales de mandarino para ser utilizadas como parentales en hibridaciones sexuales  $2x \times 4x$  y  $4x \times 2x$ . Actualmente hemos obtenido más de 17.000 híbridos triploides, algunos de ellos en colaboración con importantes empresas cítricas, que están en distintas fases de evaluación. Es de destacar que de estos 17.000 híbridos triploides obtenidos más de 11.500 se han regenerado utilizando variedades tradicionales de la citricultura española como parentales en hibridaciones sexuales  $2x \times 2x$ ,  $2x \times 4x$  y  $4x \times 2x$  destacando enormemente el papel que tienen en la actualidad las variedades tradicionales en la mejora genética de los cítricos y

especialmente en los mandarinos. Además de entre los 28 híbridos triploides que hemos obtenido el título de Obtención Vegetal o están en trámites para la obtención del título de Obtención Vegetal en el Registro de Variedades Protegidas de la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV) nueve de ellos se han producido a partir de hibridaciones sexuales en las que el parental femenino o masculino es una variedad tradicional.

## 14.5. Perspectivas

La mejora genética de muchas variedades de cítricos como los limones, naranjos dulces, satsumas y clementinas se seguirá realizando tradicionalmente mediante la identificación y selección de mutaciones espontáneas en campo junto con la inducción de mutantes mediante la utilización de diferentes agentes mutagénicos o la obtención de cíbridos. Además, el BGCI dispone de una excelente colección de las variedades tradicionales de cítricos que seguirán siendo utilizadas como parentales en los programas de mejora genética y en trabajos de investigación básica para el desarrollo de nuevo conocimiento que permita la innovación y la transferencia de resultados al sector citrícola. El desarrollo de técnicas biotecnológicas junto con otras disciplinas como la genética y la genómica permitirán realizar programas de mejora genética más eficientes además de optimizar la transferencia de los caracteres de interés de los parentales a la progenie, profundizar en el conocimiento de los mecanismos genéticos que controlan caracteres de interés, aumentar el conocimiento sobre la biología reproductiva de los cítricos y desarrollar nuevos marcadores para una selección temprana de otros caracteres de interés. La obtención de variedades de cítricos sin semillas que produzcan frutos con excelentes propiedades organolépticas altamente productivas que reduzcan los costes de producción, que maduren a lo largo de toda la campaña de producción, que presenten un adecuado comportamiento postcosecha y que lleguen a su destino en óptimas condiciones serán características necesarias para las nuevas variedades de cítricos.

## 14.6. Referencias

- Aleza P, Juárez J, Hernández M, Pina JA, Ollitrault P, Navarro L. 2009. Recovery and characterization of a Citrus clementina Hort. ex Tan. 'Clemenules' haploid plant selected to establish the reference whole Citrus genome sequence. *BMC Plant Biology*:110.
- Aleza P., Juárez, J, Cuenca J, Ollitrault P, Navarro L. 2010a. Recovery of citrus triploid hybrids by embryo rescue and flow cytometry from 2x X 2x sexual hybridisation and its application to extensive breeding programs. *Plant Cell Rep*, 29:1023–1034.
- Aleza P, Juárez J, Ollitrault P, Navarro L. 2010b. Polyembryony in non-apomictic citrus genotypes. *Annals of Botany*.106(4): 533-545. DOI:10.1093/aob/mcq148.
- Aleza P, Juárez J, Cuenca J, Ollitrault P, Navarro L. 2012a. Extensive citrus triploid hybrid production by 2x X 4x sexual hybridizations and parent-effect on the length of the juvenile phase. *Plant Cell Reports*, 31:1723-1735, DOI: 10.1007/s00299-012-1286-0
- Aleza, P., Juárez, J., Hernández, M., Ollitrault, P., Navarro, L. 2012b. Implementation

- of extensive citrus triploid breeding programs based on 4x × 2x sexual hybridisations. *TreeGenetics and Genomes* 8:1293-1306, DOI:10.1007/s11295-012-0515-6
- Aleza, P., Cuenca, J., Hernández, M., Juárez, J., Navarro, L., Ollitrault, P. 2015. Genetic mapping of centromeres of the nine *Citrus clementina* chromosomes using half-tetrad analysis and recombination patterns in unreduced and haploid gametes. *BMC Plant Biology* 15:80, DOI: 10.1186/s12870-015-0464-y
  - Aleza, P., García-Lor, A., Juárez, J., Navarro, L. 2016a. Recovery of citrus cybrid plants with diverse mitochondrial and chloroplastic genome combinations by protoplast fusion followed by in vitro shoot, root and embryo micrografting. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* (Aceptado).
  - Aleza P., Cuenca J., Juárez J., Navarro L., Ollitrault P. 2016b. Inheritance in doubled-diploid clementine and comparative study with SDR unreduced gametes of diploid clementine. *Plant Cell Reports* (Aceptado)
  - Asins, M.J., Herrero, R., Pina, J.A., Carbonell, E.A., Navarro, L. 1996. Genetic relationship in *Citrus* and related genera. En *Proceedings of 8th International Citrus Congress*. International Society of Citriculture, Sun City, South Africa. 1: 248-253.
  - Asins MJ, Juárez J, Pina J, Carbonell E, Navarro L. 2002. Nulessin, una nueva clementina. *Levante Agrícola* 359: 36-40.
  - Aubert B. 2001. Genèse et développement de la culture des agrumes et patrimoine génétique méditerranéens de l'histoire naturelle des orangers. Dans la réédition de l'*Histoire Naturelle des Orangers*- Risseauet Poiteau, tome 2 *Connaissance et mémoires* éditeur, Paris.
  - Barret, H.C., Rhodes, A.M. 1976. A numerical taxonomic study of the affinity relationships in cultivated *Citrus* and its close relatives. *Systematic Botany*. 1: 105-136.
  - Bretó, M.P., Ruíz, C., Pina, J.A., Asins, M.J. 2003. The Diversification of *Citrus clementina* Hort. Ex Tan., a vegetatively propagated crop species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 21(2): 285-293.
  - Bono, R., Soler, J., Buj, A. 2005. Características de cinco mutaciones precoces de clementina Oronules y de los mandarinos Nadorcott y Moncada. En *III Congreso Internacional de Hortofruticultura de la Ribera*, L'Alcudia, Valencia, España.
  - Cameron JW, Frost HB. 1968. Genetic, breeding and nucellar embryony. In: Reuther W, Batchelor LD, Webber HJ (eds) *The citrus industry*, vol 1. University of California, Riverside, pp 325–370
  - Cameron, J.W., Burnett, R.H. 1978. Use of sexual tetraploids seed parents for production of triploid citrus hybrids. *HortSci*. 13: 167-169.
  - Carbonell-Caballero J, Alonso R, Ibañez V, Terol J, Talon M, Dopazo J. 2015. A phylogenetic analysis of 34 chloroplast genomes elucidates the relationships between wild and domestic species within the genus *Citrus*. *Mol Biol Evol*. DOI:10.1093/molbev/msv82
  - Cervera M, Navarro A, Navarro L, Peña L. 2008. Production of transgenic adult plants from clementine mandarin by enhancing cell competence for transformation and regeneration. *Tree Physiol*. 1:55-66.

- Chapot, H. 1975. The Citrus plant. En Citrus technical monographie. Ciba-Geigy Agrochemicals. 4: 6-13.
- Cuenca, J., Aleza, P., Navarro, L., Ollitrault, P. 2013. Assignment of SNP allelic configuration in polyploids using competitive allelespecific PCR: application to citrus triploid progenies. *Annals of Botany* 111:731-742, DOI: 10.1093/aob/mct032
- Cuenca, J., Aleza, P., Juárez, J., Froelicher, Y., Navarro, L., Ollitrault, P. 2015. Maximum-likelihood method identifies meiotic restitution mechanism from heterozygosity transmission of centromeric loci: application in citrus. *Scientific Reports* 5: 9897, DOI: 10.1038/srep09897
- Curk, F., Ancillo, G., Garcia-Lor, A., Luro, F., Perrier, X., Jean-Pierre Jacquemoud-Collet, J.P., Navarro, L., Ollitrault, P. 2014. Next generation haplotyping to decipher the nuclear genomic interspecific admixture in Citrus species; analysis of the Chromosome 2. *BMC Genetics* 15:152. DOI:10.1186/s12863-014-0152-1
- Curk, F., Ollitrault, F., Garcia-Lor, A., Luro, F., Navarro, L., Ollitrault, P. 2015a. Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers. *Annals of Botany* (En prensa).
- Curk, F., Ancillo, G., Ollitrault, F., Perrier, X., Jacquemoud-Collet, J.P., Garcia-Lor, A., Navarro, L., Ollitrault, P. 2015b. Nuclear Species-Diagnostic SNP Markers Mined from 454 Amplicon Sequencing Reveal Admixture Genomic Structure of Modern Citrus Varieties. *PLoS ONE* 10(5): e0125628. DOI:10.1371/journal.pone.0125628
- Esen A., Soost R.K. 1971. Unexpected triploids in Citrus: their origin, identification and possible use. *J. Hered.* 62: 329-333.
- Esen A., Soost R.K., Geraci G. 1978. Seed set, size, and development after 4x X 2x and 2x X 4x crosses in citrus. *Euphytica* 27:283-294.
- Fatta Del Bosco S, Matranga G, Geraci G.1992 Micro and macrosporogenesis of two triploid hybrids of citrus. In: Proceedings of 7th international citrus congress, vol 1, International Society of Citriculture, Acireale, Italy, pp 122–124
- Federici, C.T., Fang, D.Q., Scora, R.W., Roose, M.L. 1998. Phylogenetic relationships within the genus Citrus (Rutaceae) and related genera as revealed by RFLP and RAPD analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 96: 812-822.
- Garcia-Lor A, Luro F, Navarro L, Ollitrault P. 2012. Comparative use of InDel and SSR markers in deciphering the interspecific structure of cultivated citrus genetic diversity: a perspective for genetic association studies. *Mol Genet Genomics*, 287(1):77–94.
- Garcia-Lor A, Curk F, Morillon R, Ancillo G, Luro F, Navarro L and Ollitrault P. 2013. Nuclear phylogeny within Citrus (Rutaceae) and four related genera. *Annals of Botany*. 111(1): 1-19.
- Garcia-Lor, A., Luro F., Ollitrault, P., Navarro L. 2015. Genetic diversity and population-structure analysis of mandarin germplasm by nuclear, chloroplastic and mitochondrial markers. *Tree Genetics and Genomes* 11:123. DOI 10.1007/s11295-015-0951-1
- Grosser JW, Ollitrault P, Olivares-Fuster O. 2000. Somatic hybridization in citrus: an effective tool to facilitate variety improvement. *In vitro Cell. Biol.-Plant*. 36:434-449

- Grosser JW, Hyum JA, Calovic M, Dong HL, Chen C, Vasconcellos M, Gmitter FG. 2010. Production of new allotetraploid and autotetraploid citrus breeding parents: focus on Zipper skin mandarins. *HortScience* 45(8):1160–1163
- Hensz, R.A. 1971. Star Ruby, a new deep red fleshed grapefruit variety with distinct tree characteristics. *Journal Rio Grande Valley Horticultural Society*. 25: 54-58.
- Herrero, M. 1929. Variedades de grape-fruit. *Agricultura*. 1: 322-324.
- Herrero, M. 1973. Introducción de la naranja navel en España. *Levante Agrícola*. 136, 9.
- Herrero, R., Asins, M.J., Carbonell, E., Navarro, L. 1995. Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. I. Intraspecies and intragenus genetic variability. *Theoretical and Applied Genetics*. 92: 599-609.
- Hodgson, RW. 1967. Chapter 4. Horticultural Varieties of Citrus, In: Reuther, HJ Webber, and LD Batchelor (Eds).
- Jacquemond c., Curk F, Heuzet M. 2013. Les clémentiniers et autres petits agrumes. Éditions Quae, Versailles, coll. Savoir-faire, 268p.
- Krueger, R.R., Navarro, L. 2007. Citrus Germplasm Resources and Their Use. p. 45-140. En I. Khan (ed.), *Citrus Genetics, Breeding, and Biotechnology*. CABI Head Office, Wallingford, UK.
- Luro, F., Rist, D., Ollitrault, P. 2001. Evaluation of genetic relationships in Citrus genus by means of sequence tagged microsatellites. En *Proceedings of the International Symposium on Molecular markers for characterizing genotypes and identifying cultivars in Horticulture*. *Acta Horticulturae*. 546: 537-542.
- Mabblerley, D.J. 1997. A classification for edible Citrus (Rutaceae). *Telopea*. 7: 167-172.
- MAGRAMA (2014). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>
- Navarro L, Roistacher CN, Murashige T, 1975. Improvement of shoot-tip grafting in vitro for virus-free citrus. *Journal of American Society for Horticultural Science* 100: 471-479.
- Navarro, L., Juárez, J., Pina, J.A., Ballester, J.F. 1984. The citrus quarantine station in Spain., p. 365-370. In: S.M. Garnsey, L.W. Timmer and J.A. Dodds (eds.), *Proc. 9th Conf. Intern. Organization Citrus Virol, IOCV, Riverside*.
- Navarro, L., Pina, J.A., Juárez, J., Ballester-Olmos, J.F., Arregui, J.M., Ortega, C., Navarro, A, Duran-Vila, N., Guerri, J., Moreno, P., Cambra, M., Zaragoza. S. 2002. The Citrus Variety Improvement Program in Spain in the Period 1975-2001, p. 306-316. In: N. Duran-Vila, R.G. Milne and J.V. da Graça (eds.), *Proc. 15th Conf. Intern. Organization Citrus Virol, IOCV, Riverside*.
- Navarro, L., Olivares-Fuster, O., Juárez, J., Aleza, P., Pina, J.A., Ballester-Olmos, J.F., Cervera, M., Fagoaga, C., Duran-Vila, N., Peña, L. 2004. Applications of Biotechnology to Citrus Improvement in Spain. *Acta Horticulturae* 632:221-234.

- Navarro, L., Juárez, J. 2007. Shoot-tip grafting in vitro: impact in the citrus industry and research applications, pp. 353-364. In: I. Khan (ed.), *Citrus Genetics, Breeding, and Biotechnology*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Navarro, L., Aleza, P., Cuenca, J., Juárez, J., Pina, J.A., Ortega, C., Navarro, A., Ortega, V. 2015a. The triploid mandarin breeding program in Spain. *Proceedings XII International Citrus Congress, Valencia, Spain, 2012*, Sabater-Muñoz, B., Moreno, P., Peña, L. and Navarro, L. (eds.). *Acta Horticulturae* 1065: 389-395.
- Navarro, L. 2015b. The Spanish Citrus Industry. *Proceedings XII International Citrus Congress, Valencia, Spain, 2012*, Sabater-Muñoz, B., Moreno, P., Peña, L., and Navarro, L. (eds.). *Acta Horticulturae* 1065: 41-48.
- Nicolosi, E., Deng, Z.N., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, G., Tribulato, E. 2000. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 100: 1155-1166.
- Niñoles, R., Aleza, P., Castillo, M.C., Navarro, L., Ancillo, G. 2015. Ploidy and gene expression in clementine. *Proceedings XII International Citrus Congress, Valencia, Spain, 2012*, Sabater-Muñoz, B., Moreno, P., Peña, L. and Navarro, L. (eds.). *Acta Horticulturae* 1065: 605-611.
- Nishiura M. 1964. Citrus breeding and bud selection in Japan. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 77:79-83.
- Ollitrault F., Terol J, Pina JA, Navarro L, Talon M and P. Ollitrault. 2010. Development of SSR markers from *Citrus clementina* (Rutaceae) BAC end sequences and interspecific transferability in *Citrus*. *American Journal of Botany*. doi:10.3732/ajb.1000280
- Ollitrault P, Terol J, Garcia-Lor A, Berard A, Chauveau A, Froelicher Y, Belzile C, Morillon R, Navarro L, Brunel D, Talon M. 2012a. SNP mining in *C. clementina* BAC end sequences; transferability in the *Citrus* genus (Rutaceae), phylogenetic inferences and perspectives for genetic mapping. *BMC Genomics*, 13:13.
- Ollitrault P. and Navarro L. 2012b. *Citrus*. In *Fruit Breeding, Handbook of Plant Breeding*, 2012, Volume 8, Part 3, 623-662, DOI: 10.1007/978-1-4419-0763-9\_16.
- Ollitrault, P., Terol, J., Chen, C., Federici, C.T., Lotfy, S., Hippolyte, I., Ollitrault, F., Bérard, A., Chauveau, A., Costantino, G., Kacar, Y., Mu, L., Cuenca, J., Garcia-Lor, A., Froelicher Y., Aleza, P., Boland, A., Billot, C., Navarro, L., Luro, F., Roose, M.L., Gmitter, F.G., Talon, M., Brunel, D. 2012c. A reference genetic map of *C. clementina*; citrus evolution inferences from comparative mapping. *BMC Genomics* 13:593.
- Olivares-Fuster O, Peña L, Duran-Vila N, Navarro L. 2002. Green fluorescent protein as a visual marker in somatic hybridization. *Annals of Botany* 89:491-497
- Olivares-Fuster O, Duran-Vila N, Navarro L. 2005. Electrochemical protoplast fusion in citrus. *Plant Cell Rep*, 24:112–119
- Peña, L., Cervera, M., Fagoaga, C., Romero, J., Ballester, A., Soler, N., Pons, E., Rodríguez, A., Peris, J., Juárez, J. Navarro, L. 2008. Citrus, pp. 1-62. In: C. Kole and T.C.Hall (eds.), *Compendium of Transgenic Crop Plants: Vol. 5, Transgenic Tropical and Sub-tropical Fruits and Nuts*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.

- Pina, J.A., Chomé, P., Vives, M.C., Navarro, L. 2015. The citrus nursery tree certification program in Spain. Proceedings XII International Citrus Congress, Valencia, Spain, 2012, Sabater-Muñoz, B., Moreno, P., Peña, L., and Navarro, L. (eds.). Acta Horticulturae 1065: 745-751.
- Roose, ML. Williams, TE. 2007. Mandarin tree named 'Tango'. US Patent PP17863.
- Saunt, J. 2000. Citrus Varieties of The World. Sinclair International Limited (ed.) 2nd edition. Norwich, England.
- Scora, R.W. 1975. On the history and origin of citrus. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 102: 369-375.
- Scora, R.W., Kumamoto, J., Soost, R.K., Nauer, E.M. 1982. Contribution to the origin of the grapefruit, *Citrus paradisi* (Rutaceae). Systematic Botany. 7: 170-177.
- Starrantino A, Recupero G. 1981. Citrus hybrids obtained in vitro from 2x females X 4x males. In: Proceedings 4th International Citrus Congress. International Society of Citriculture, Tokyo, Japan. 1:31-32
- Swingle, D.B. 1946. A textbook of systematic botany. (ed.) McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London.
- Talón M, López-García A, Terol J, Cercós M, Ibañez V, Herrero-Ortega A, Muñoz-Sanz JV, Colmenero-Flore JM, Arbona V, Estornell LH, Carbonell J, Concesa A, Dopazo J, Tadeo FR. 2011. Citrusseq: una aproximación genómica a la mejora de los cítricos. Levante Agrícola 405: 73-78
- Vardi A, Sipegel-Roy P, Frydman-Shani A, Elchanati A, Neumann H. 2003. Citrus tree named Orri. US Patent PP13616.
- Webber, H.J. 1967. History and development of the Citrus industry. p. 1-39. En Reuther, W., Batchelor, L.D. y Webber, H.J. (eds.) The Citrus industry. University of California, California, USA.
- Wu AG, Prochnik S, Jenkins J, Salse J, Hellsten U, Murat F, Perrier X, Ruiz M, Scalabrin S, Terol J, Takita MA, Labadie K, Poulain J, Couloux A, Jabbari K, Cattonaro F, Del Fabbro C, Pinosio S, Zuccolo A, Chapman J, Grimwood J, Tadeo FR, Estornell LH, Muñoz-Sanz JV, Ibañez V, Herrero-Ortega A, Aleza P, Pérez-Pérez J, Ramón D, Brunel D, Luro F, Chen C, Farmerie WG, Desany B, Kodira C, Mohiuddin M, Harkins T, Fredrikson K, Burns P, Lomsadze, Borodovsky M, Reforgiato G, Freitas-Astúa J, Quetier F, Navarro L, Roose M, Wincker P, Schmutz J, Morgante M, Machado MA, Talon M, Jaillon O, Ollitrault P, Gmitter F, Rokhsar D (2014) Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. NatBiotechnol, DOI:10.1038/nbt.2906.
- Zaragoza, S. 2007. Aproximación a la historia de los cítricos. Origen, dispersión y evolución de su uso y cultivo. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de Producción Vegetal. Valencia. España

## **15. Almendro**

---

### **Rafel Socias i Company\*, María T. Espiau, Ossama Kodad, Àngel Fernández i Martí y José M. Alonso**

Unidad de Hortofruticultura, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España.

\*rsocias@cita-aragon.es

#### **15.1. Introducción**

#### **15.2. Principales variedades locales**

#### **15.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

#### **15.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

#### **15.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

#### **15.6. Utilización en programas de mejora**

#### **15.7. Logros y perspectivas**

#### **15.8. Agradecimientos**

#### **15.9. Referencias**

## 15.1. Introducción

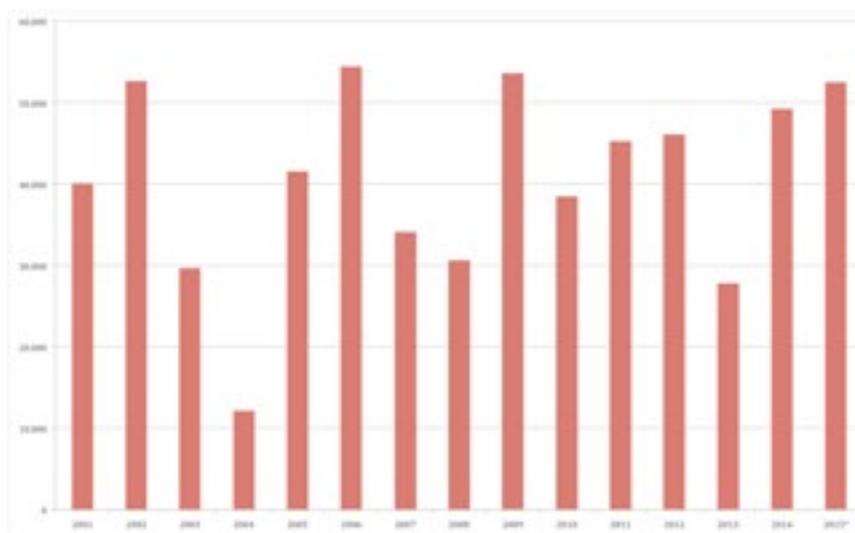
Los trabajos sobre el almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) en España fueron durante muchos años más fruto del entusiasmo de figuras aisladas que no de una labor continuada de investigación hasta la incorporación del Dr. Antonio J. Felipe al entonces Centro de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro (CIDADE) en 1964. Entonces el almendro ni siquiera era considerado un árbol frutal y estaba no sólo relegado en la investigación, sino también en el cultivo, ya que se le dedicaban únicamente las tierras marginales y casi sin ninguna otra posibilidad de utilización. Hay que resaltar, sin embargo, dos libros fundamentales publicados hace más de un siglo, el de Marià Vallès (Barcelona) en 1902 y el de Pere Estelrich (Mallorca) en 1907, así como el posterior, pero posiblemente más entusiasta que técnico, del cura de Alquézar (Rafael Ayerbe, Huesca) de 1922. Más relevantes fueron los trabajos de varios profesores de la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. El primero fue el mallorquín Joan Salom Calafell, quien en 1922 se hizo eco por primera vez en el mundo de los trabajos pioneros sobre las necesidades de la polinización del almendro, publicados por Tufts en California en 1919. Posteriormente Sala Roqueta publicó en 1941 sus ensayos de polinización de 'Desmayo Largueta' y más adelante Francesc X. Riera publicó su libro en 1965, en el que reconoce una actualización del material recopilado por Salom.

Una de las primera labores que llevó a cabo el Dr. Felipe fue la de reunir una colección de variedades, tanto españolas como extranjeras, que fue el germen de la actual colección de referencia del almendro, tanto a nivel español como internacional. Esta colección se formó mediante la prospección de variedades en cultivo por las distintas zonas productoras españolas, el suministro de las variedades producidas por los viveros españoles y, finalmente, por el intercambio con centros de investigación extranjeros. En este sentido cabe resaltar la colaboración de muchos agentes del Servicio de Extensión Agraria de aquellos años, así como de algunos agricultores entusiastas del almendro, como el Sr. Arcas de Tamarite de la Litera (Huesca). Igualmente hay que reseñar la contribución de los Viveros Orero, así como de las variedades recogidas por diversas zonas del mundo por el Dr. Charles Grasselly, eminente investigador del INRA francés. Cabe recordar que en este momento también se desarrollaban distintos esfuerzos para la formación de colecciones de variedades de almendro en distintos centros, como los de Ramon Vidal-Barraquer de la Estación Enológica de Reus, origen de la actual colección del IRTA, los de Luis Egea del CEBAS de Murcia, y los de la Estación Experimental de Palma de Mallorca con las variedades locales de las Islas Baleares.

En un plano más comercial también cabe destacar la labor de Juan Orero, de Viveros Orero, en la introducción de variedades de floración tardía de otros países en su colección de la Masía de la Hoya de Segorbe (Orero, 1971), así como el establecimiento de colecciones para el estudio del comportamiento varietal en distintos centros regionales del INIA, como el

de Badajoz por Braulio Ramos (Ramos Carmona, 1983) y el de Murcia por Adrián Martínez Cutillas.

Al mismo tiempo se constató que el mayor problema de la producción de la almendra en España era su baja productividad, que en la mayoría de los casos no llegaba a los 100 kg de pepita por hectárea (Felipe, 1984), situación que desgraciadamente todavía se mantiene en muchas parcelas. Esta baja producción se debe fundamentalmente a la ocurrencia de heladas en el momento de la floración o poco después, así como a las deficiencias observadas en la polinización, y a los reiterados problemas de sequía en un cultivo de gran presencia en el secano. A ello se añade el cultivo en terrenos muy pobres y la casi ausencia de cuidados culturales. Todo ello se traduce en una gran variabilidad en la producción española de almendra, como se observa en la Figura 1. Estas oscilaciones en la producción no sólo influyen en la baja producción acumulada, sino que provocan además una gran inestabilidad en los canales comerciales de la almendra española.



**Figura 1.** Producción de almendra en pepita de España durante los últimos 15 años (Cooperativas Agro-Alimentarias: \* estimación).

La mayoría de las variedades españolas son de floración muy temprana o temprana. En algunas zonas costeras, como las zonas litorales de Andalucía, Murcia, Valencia y Cataluña, así como en las islas Baleares y Canarias, el peligro de heladas es muy reducido, aunque no nulo, pero en la mayoría de las zonas de cultivo la incidencia de las heladas es muy importante, destruyendo muy a menudo la cosecha de estas variedades. Por ello rápidamente se consideró el interés de la introducción de variedades de floración tardía, no disponibles en el germoplasma español, ya que con ellas se podría reducir significativamente el daño por heladas por medio del escape de las mismas. En un primer momento tuvieron una impor-

tante difusión las variedades italianas 'Cristomorto' y 'Tuono' y posteriormente las francesas 'Ferragnès' y 'Ferraduel', procedentes del programa de mejora genética emprendido por el Dr. Charles Grasselly. Su expansión se debió al hecho de que cuanto más tarde en florecer una variedad, tanto mayor será el número de heladas que se hayan podido producir, con lo cual disminuye la probabilidad de que esta variedad se vea afectada negativamente por la incidencia de una helada.

Así mismo, las variedades tradicionales españolas son auto-incompatibles, por lo que requieren de otra variedad para que actúe como polinizadora. Para ello las dos variedades deben florecer simultáneamente, lo cual no ocurre siempre para un par de variedades, cuyo solape puede variar según las condiciones climáticas del año (Felipe, 1977). Además, el diseño de la plantación debe permitir una distribución correcta de las variedades para el intercambio de polen. Para realizar este intercambio son indispensables los insectos polinizadores, fundamentalmente las abejas. Además, unas condiciones atmosféricas favorables de temperatura, viento y lluvia deben permitir el vuelo de las abejas, y con ello su actividad polinizadora. Frente a todos estos problemas, las variedades auto-compatibles permiten realizar plantaciones mono-varietales, con la seguridad de una coincidencia total de floración y la independencia de la actividad de las abejas y de las condiciones atmosféricas durante la floración. Las plantaciones mono-varietales, además, permiten una mayor facilidad en la gestión de las prácticas agronómicas a realizar y en el manejo comercial de la producción.

Por ello, desde que en 1974 se inició el programa de mejora genética del actual CITA de Aragón, la auto-compatibilidad y la floración tardía fueron los dos objetivos prioritarios, objetivos que también posteriormente adoptaron en mayor o menor medida los otros programas de mejora del IRTA y del CEBAS. Sin embargo, ninguno de estos caracteres se encontraba presente en las variedades tradicionales españolas, por lo que hubo que acudir a variedades de origen extranjero como fuente de estos caracteres, aunque siempre se consideró la utilización de variedades tradicionales españolas en la realización de los cruzamientos en los programas de mejora.

## **15.2. Principales variedades locales**

En cada región española, y a veces en cada comarca, se han cultivado variedades propias de la misma. Solamente 'Marcona' y 'Desmayo Largueta' se encuentran en la mayoría de las zonas productoras, aunque no en todas. Por ello la variabilidad del almendro en España es muy grande, así como el número de variedades locales. Si Estelrich (1907) mencionaba la existencia de 382 variedades en Mallorca a principios del siglo XX, situaciones parecidas se podrían haber descrito en las otras regiones de cultivo. Evidentemente debería considerarse si se contabilizaban como variedades las diferentes formas locales con frecuentes sinonimias y homonimias, pero con diferencias mínimas entre ellas. La forma tradicional de propagación del almendro mediante la siembra in situ de los patrones para su posterior injer-

tado, favoreció la presencia de formas no injertadas que, siendo diferentes a los parentales, no aportaban mayor variabilidad genética. Esta compilación exhaustiva de formas puede considerarse una característica propia del siglo XIX, como muestra la monografía de Bianca (1872) en Sicilia que llegó a describir 752 formas distintas en esta isla.

Las variedades tradicionales más importantes fueron tipificadas por Felipe Mansergas et al. (1984) con el fin de facilitar su conocimiento. Posteriormente, las principales variedades locales fueron descritas por Felipe (2000), pero en su mayoría no han trascendido de su zona de origen, con alguna excepción, como 'Ramillite', que se ha difundido como polinizador de 'Desmayo Largueta', así como 'Garrigues' y 'Atocha' para la producción de patrones francos. Las que todavía mantienen una cierta presencia en las nuevas plantaciones son 'Garrigues', 'Ramillite', 'Desmayo Rojo', 'Atocha' y 'Carreró', teniendo menos importancia 'Pajarera', 'Aspirilla', 'Cartagenera', 'Peraleja' y 'Planeta' (Socias i Company et al., 2012).

Particularmente interesantes son las variedades de los dos archipiélagos, Baleares y Canarias, por cuanto presentan unas características peculiares, probablemente debido a su relativo aislamiento, aunque también se describa la presencia de variedades de otro origen, que en parte también han participado en la creación del germoplasma local de estos dos archipiélagos (Fernández i Martí et al., 2009; Padilla et al., 2014; Socias i Company et al., 2013).

### **15.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

La colección de almendro del CITA de Aragón es la colección nacional de referencia de la Red Española de Bancos de Germoplasma del INIA (Espiau et al., 2002), y conserva una muestra de la gran variabilidad del germoplasma del almendro español. En total se mantienen 63 accesiones locales españolas, viéndose representadas las principales comunidades productoras de almendra de España (Aragón, Cataluña, Murcia, Andalucía, Comunidad Valenciana, Baleares y Canarias).

Las colecciones del IRTA y del CEBAS también conservan un gran número de variedades locales, especialmente de sus zonas más próximas. Algunos otros organismos también han llevado a cabo esfuerzos de recolección y mantenimiento de las variedades locales, no sólo en regiones con una gran tradición e importancia en el cultivo del almendro, como Mallorca (J. Fornés, comunicación personal) y Canarias (Padilla et al., 2014), con variedades propias de características muy singulares, sino también en regiones de menor importancia en la producción del almendro como Castilla y León (M.C. Asensio, comunicación personal). La base de datos de Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA (<http://wwwx.inia.es/inventarionacional>, así como <http://wwwx.inia.es/coleccionescrf/PasaporteCRF.asp>) presenta el inventario de las variedades conservadas en las distintas colecciones, así como sus datos de pasaporte.

Dada la situación y en algunos casos la duplicidad de variedades en distintas colecciones, parece que su mantenimiento está asegurado a pesar de la incidencia de algunas adversidades, como ha sido la contaminación de alguna colección por plagas o enfermedades, como la de la bacteria *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* Vauterin et al.

#### **15.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

Ninguna variedad local de interés está ausente de las distintas colecciones españolas de almendro, por lo que difícilmente se puede considerar que en este momento se deba proceder a su recuperación. Un aspecto diferente es el de aquellas formas espontáneas, no realmente variedades, que puedan presentar interés por algún carácter por el cual se hayan identificado. Este fue el caso de formas como 'AS-1' y 'Bertina' (Felipe, 2000), identificadas por A.J. Felipe debido a su floración tardía, por lo que originariamente se supuso que podrían ser auto-compatibles al no coincidir en floración con otros almendros y producir regularmente. Igualmente 'Forastero' se identificó por su buen estado sanitario en una zona con gran incidencia de enfermedades criptogámicas como la costa de la provincia de Huelva. Probablemente en el campo de la resistencia a plagas y enfermedades será necesario a partir de ahora un esfuerzo de identificación de variedades o formas locales para su incorporación en las colecciones y en los programas de mejora. Por ello no puede considerarse que en este momento la prospección de nuevos genotipos en el almendro pueda dirigirse a la recuperación de variedades locales, puesto que las más importantes ya se encuentran en colecciones, sino a la de aquellas formas de difícil identificación que presenten estos caracteres de interés.

#### **15.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

El almendro es una de las especies frutales con mayor variabilidad fenotípica y genotípica, no sólo a nivel mundial (Kester et al., 1990; Socias i Company y Felipe, 1992), sino también a nivel local. Aunque existen caracteres comunes a la mayoría de las variedades de cada zona geográfica, reflejados tanto en su morfología (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1980) como en su estructura genética (Fernández i Martí et al., 2015), dentro de cada zona geográfica española también se puede constatar esta gran variabilidad, tanto a nivel morfológico (Mateo Marqués, 2005) como genético (Fernández i Martí et al., 2009).

En estos momentos el mayor problema es la identificación de aquellas variedades locales con caracteres de interés para la mejora, no sólo desde la perspectiva actual, sino también con la visión de la posible evolución futura de los objetivos de los distintos programas de mejora. Los objetivos básicos de la auto-compatibilidad y de la floración tardía se han cubierto realmente en los distintos programas de mejora en marcha, por lo que actualmente han adquirido interés otros objetivos, como los de la calidad y la resistencia a plagas y enfermedades. Cada vez se tienen mayores conocimientos sobre los distintos aspectos de calidad

de las variedades españolas (Kodad et al., 2011; Fernández-Cuesta et al., 2012) y de la heredabilidad de los distintos compuestos que pueden influir en la calidad de la pepita (Font i Forcada et al., 2011), así como de diferentes marcadores moleculares que sirvan para seleccionar estos componentes en función de la calidad de la almendra en el futuro (Fernández i Martí et al., 2013; Font i Forcada et al., 2012; Sánchez-Pérez et al., 2010). Sin embargo, no existen estudios suficientes sobre la resistencia a plagas y enfermedades y mucho menos sobre su transmisión. Solamente se han mencionado algunas observaciones empíricas sobre la resistencia conjunta a varias enfermedades y su posible transmisión (Grasselly, 1981), aunque entre la descendencias de ‘Tuono’, una variedad italiana muy utilizada en los distintos programas de mejora y muy sensible a la mancha ocre (*Polystigma fulvum* Pers. ex DC), tanto se pueden encontrar variedades muy sensibles a la misma enfermedad como ‘Aylés’ y otras muy resistentes como ‘Felisia’.

Por ello en este momento se desconoce en gran parte el potencial que puedan representar las variedades locales españolas en los distintos programas de mejora, especialmente para la resistencia a plagas y enfermedades, mientras no se disponga de una profunda evaluación genotípica de su comportamiento en relación a las plagas y enfermedades más importantes.

## **15.6. Utilización en programas de mejora**

Cuando se fijaron los objetivos de los diferentes programas de mejora del almendro en los distintos centros españoles, los responsables de estos programas, Antonio J. Felipe en el CRIDA-03 del INIA (hoy CITA de Aragón), Francisco J. Vargas en la Diputación de Tarragona (hoy Centro de Mas de Bover del IRTA) y Efigenio García en el CEBAS-CSIC de Murcia, constataron que ninguna de las variedades conocidas en sus colecciones poseía los caracteres que se consideraban prioritarios en estos programas, especialmente la floración tardía y la auto-compatibilidad. Como consecuencia de esta ausencia, al menos uno de los parentales tuvo que ser una variedad extranjera (Dicenta et al., 2010; Socias i Company et al., 2010; Vargas et al., 2010).

Para el retraso de la floración, se utilizaron al principio variedades extranjeras cruzadas con variedades españolas, elegidas según dos criterios básicos: su calidad (como ‘Marcona’ y ‘Desmayo Largueta’) y su adaptación al entorno del centro de investigación, básicamente variedades locales. Así en el programa del CITA de Aragón, aparte de ‘Marcona’ y ‘Desmayo Largueta’, sólo se utilizaron esporádicamente variedades españolas, como la local ‘Orés’. En el programa del IRTA se utilizaron como parentales españoles repetidamente ‘Marcona’ y ‘Desmayo Largueta’, así como las de menor importancia ‘Ramillete’ y ‘Mena d’en Musté’, así como otras variedades locales en menos cruzamientos. En el programa del CEBAS se incluyeron al principio las variedades tradicionales españolas ‘Peraleja’, ‘Garrigues’, ‘Atocha’, ‘Ramillete’ y ‘Del Cid’.

Sin embargo, cuando empezaron a estudiarse las descendencias de estos cruzamientos, el carácter de floración temprana de las variedades españolas se comportaba como si fuera un factor dominante y se obtuvieron pocos descendientes con una época de floración posterior al parental extranjero de floración tardía. Por ello, pronto se abandonaron los parentales españoles con el objetivo de obtener variedades de floración tardía, centrándose los programas en la utilización de variedades extranjeras consideradas en aquel momento de floración tardía o muy tardía. Entre éstas destacaron al principio las variedades italianas tradicionales 'Tuono', 'Genco' y 'Filippo Ceo' (aparte de su auto-compatibilidad) y 'Cristomorto', las francesas tradicionales 'Tardive de la Verdière', 'Aï', 'Fourcouronne' y la de mejora 'Ferragnès', las soviéticas 'Yaltinskij', 'Primorskij' y 'Myagkoskorlupj' y las californianas 'Titan', 'Mono' y 'Wawona'.

Posteriormente se introdujeron otras variedades procedentes del programa de mejora francés como 'Ferralise' y 'Lauranne', así como selecciones de este mismo programa francés pero no registradas como variedades, tanto por el IRTA como por el CEBAS de Murcia, como R1000. Igualmente se incluyeron formas locales identificadas por su floración muy tardía después de prospecciones realizadas por los investigadores de los distintos centros, como 'Bertina' en el CITA de Aragón. Ya más adelante se introdujeron selecciones de los propios programas de mejora, como 'Felisia' por el CITA de Aragón y S5133 por el CEBAS de Murcia, que en este caso incorpora en su genealogía una variedad local española, ya que procede del cruzamiento entre la variedad soviética 'Primorskij' y 'Garrigues', una variedad local de Murcia ampliamente conocida.

La inclusión de variedades locales en los programas de mejora ha sido a veces fruto del azar. 'Blanquerna' del CITA de Aragón procede de la polinización libre de 'Genco' (Socias i Company y Felipe, 1999), pero luego se ha comprobado que el parental masculino era 'AS-1', basado en su perfil genético y en la proximidad de ambas variedades en la colección (Fernández i Martí et al., 2009). En un sentido contrario, 'Francolí' del IRTA se supuso que procedía del cruzamiento 'Cristomorto' × 'Gabaix', una variedad local (Vargas y Romero, 1994), aunque posteriormente se ha comprobado que su parental masculino es realmente 'Tuono' (López et al., 2005).

Las variedades locales también se han utilizado en los programas de mejora de patrones, independientemente de la selección de híbridos espontáneos entre melocotonero y almendo (Socias i Company et al., 2009). Así la serie de selecciones G×N del CITA de Aragón, de la que se han registrado los patrones híbridos 'Felinem', 'Garnem' y 'Monegro' (Felipe, 2009), se obtuvo del cruzamiento del almendo 'Garfi' por el melocotonero de origen norteamericano 'Nemared', siendo 'Garfi' una selección de almendo procedente de la polinización libre de la ya mencionada variedad local 'Garrigues'.

## 15.7. Logros y perspectivas

Los programas españoles de mejora del almendro han sido muy activos en la obtención de nuevas variedades y especialmente eficaces en la difusión de sus obtenciones hacia los agricultores (Socias i Company et al., 2012), cumpliendo con el objetivo de resolver los principales problemas del cultivo del almendro en España. El éxito productivo de estas variedades no sólo es reconocido completamente por los agricultores, sino que también el mercado y la industria han valorado la calidad física y organoléptica de algunas de estas variedades.

En la Tabla 1 se relacionan las obtenciones de los distintos programas de mejora españoles, señalando su origen. Sólo en muy pocos casos se encuentran variedades locales españolas en la genealogía de las nuevas variedades, circunstancia debida fundamentalmente a las características ya indicadas de la mayoría del germoplasma español de almendro: floración temprana y auto-incompatibilidad. Sin embargo, los resultados de estos programas ponen de manifiesto que se originaron teniendo en cuenta los problemas reales de la producción del almendro en España y que se desarrollaron para resolverlos de una manera completamente eficaz.

El trabajo pionero, primero en Francia por el Dr. Charles Grasselly y luego en España por el Dr. Antonio J. Felipe, representa un verdadero éxito de la investigación sobre el almendro en Europa y en España en particular, ya que sus obtenciones y selecciones se encuentran en la genealogía de la mayoría de las nuevas variedades de almendro.

Resultados similares o incluso mejores obtuvieron en su trabajo sobre patrones, como muestran los éxitos de sus patrones híbridos almendro × melocotonero 'INRA GF 677' (Bernhard y Grasselly, 1981) y 'Garnem' (Felipe, 2009).

La inclusión de variedades locales resistentes a plagas y enfermedades puede suponer otro salto cualitativo importante en la mejora del almendro en España, como ya han sido la floración tardía, la auto-compatibilidad y la calidad de la pepita.

## 15.8. Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto INIA RTA2014-00062-00-00 y del Grupo Consolidado de Investigación de Aragón A12, "Adaptación y mejora de material vegetal para una fruticultura sostenible".

**Tabla 1.** Variedades obtenidas por los programas españoles de selección y mejora.

Variedad	Origen <sup>z</sup>
CITA de Aragón (Zaragoza)	
Guara	Selección clonal y sanitaria
Moncayo	' <i>Tardive de la Verdière</i> ' × ' <i>Tuono</i> '
Aylés	' <i>Tuono</i> ' OP
Blanquerna	' <i>Genco</i> ' × ' <b>AS-1</b> '
Cambra	' <i>Tuono</i> ' × ' <i>Ferragnès</i> ' <sup>y</sup>
Felisia	'Titan' <sup>x</sup> × ' <i>Tuono</i> '
Belona	'Blanquerna' × ' <i>Belle d'Aurons</i> '
Soleta	'Blanquerna' × ' <i>Belle d'Aurons</i> '
Mardía	'Felisia' × ' <b>Bertina</b> '
Vialfas	'Felisia' × ' <b>Bertina</b> '
IRTA - Mas de Bover (Reus)	
Francolí	' <i>Cristomorto</i> ' × ' <i>Tuono</i> '
Masbovera	'Primorskij' <sup>v</sup> × ' <i>Cristomorto</i> '
Glorieta	'Primorskij' <sup>v</sup> × ' <i>Cristomorto</i> '
Anxaneta	'Primorskij' <sup>v</sup> × ' <i>Cristomorto</i> '
Tarraco	('Ferralise' <sup>u</sup> × ' <i>Tuono</i> ') × ' <i>Anxaneta</i> '
Constantí	('Ferragnès' × 'Ferraduel' <sup>t</sup> ) OP
Marinada	'Lauranne' <sup>w</sup> × ' <i>Glorieta</i> '
Vairo	('Primorskij' <sup>v</sup> × ' <i>Cristomorto</i> ') × ' <i>Lauranne</i> ' <sup>w</sup>
CEBAS - CSIC (Murcia)	
Antoñeta	'Ferragnès' × ' <i>Tuono</i> '
Marta	'Ferragnès' × ' <i>Tuono</i> '
Penta	S5133 ('Primorskij' × ' <b>Garrigues</b> ') × ' <i>Lauranne</i> ' <sup>w</sup>
Tardona	S5133 ('Primorskij' × ' <b>Garrigues</b> ') × R1000 <sup>s</sup>

<sup>z</sup> Los genotipos en negrita indican cultivares o selecciones locales españoles; en cursiva cultivares de origen extranjero; en tipo normal obtenciones de programas de selección y mejora extranjeros o españoles. Basado en las descripciones y estudios de Felipe y Socias i Company (1987), Socias i Company y Felipe (1999 y 2007), Fernández i Martí et al., (2009), Socias i Company et al. (2008 y 2014), Vargas y Romero (1987), López et al. (2005), Vargas et al. (2008), Egea et al. (2000), Ortega Pastor (2002) y Dicenta et al. (2009).

<sup>y</sup> 'Ferragnès' = '*Ai*' × '*Cristomorto*'

<sup>x</sup> 'Titan' = 'Tardy Nonpareil' (mutación gemaria de la variedad californiana básica '*Nonpareil*') OP

<sup>w</sup> 'Lauranne' = '*Tuono*' × '*Ferragnès*'

<sup>v</sup> 'Primorskij' = '*Princess*' × '*Nikiskij 53*'

<sup>u</sup> 'Ferralise' = '*Ferragnès*' × '*Ferraduel*'

<sup>t</sup> 'Ferraduel' = '*Ai*' × '*Cristomorto*'

<sup>s</sup> Selección del programa francés ('Tardy Nonpareil' × '*Tuono*')

## 15.9. Referencias

- Ayerbe Castillo R. 1922. El almendro “Desmayo”. Viuda de Justo Martínez, Huesca, 350 pp.
- Bernhard R, Grasselly C. 1981. Les pêchers x amandiers. *Arboric. Fruit.* 328: 37-42.
- Bianca G. 1872. Manuale della coltivazione del mandorlo in Sicilia. Stamp. G. Lornsnai-der, Palermo, 443 pp.
- Dicenta F, Ortega E, Martínez-Gómez P, Sánchez-Pérez R, Gambín M, Egea J. 2009. Penta and Tardona: two new extra-late flowering self-compatible almond cultivars. *Acta Hort.* 814: 189-192.
- Dicenta F, Egea J, Ortega E, Sánchez R, Martínez P, Martínez PJ, Rubio M, Cremades T, Patiño JL. 2010. El programa de mejora del almendro del CEBAS-CSIC. *Rev. Frutic.* 10: 36-43.
- Egea J, Dicenta F, Berenguer T, García JE. 2000. Antofñeta and Marta almonds. *HortScience* 35: 1358-1359.
- Espiau MT, Ansón JM, Socias i Company, R. 2002. The almond germplasm bank of Zaragoza. *Acta Hort.* 591: 275-278.
- Estelrich P. 1907. El almendro y su cultivo en el mediodía de España e Islas Baleares. Hijos de J. Cuesta, Madrid - Antonio López, Barcelona, 202 pp.
- Felipe, A.J. 1977. Épocas de floración de variedades de almendro. *An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg.* 7, 105-112.
- Felipe AJ. 1984. Profitability of almond orchards in Spain. *Acta Hort.* 155: 287-290.
- Felipe AJ. 2000. El almendro: El material vegetal. *Integrum*, Lérida, 461 pp.
- Felipe AJ. 2009. ‘Felinem’, ‘Garnem’, and ‘Monegro’ almond × peach hybrid rootstocks. *HortScience* 44: 196-197.
- Felipe AJ, Socias i Company R. 1987. ‘Aylés’, ‘Guara’, and ‘Moncayo’ almonds. *HortScience* 22: 961-962.
- Felipe Mansergas A, Vargas García FJ, Romero Romero MA, Reinoso Castelló D, Rallo García J, Bononad Gascón S, Casanova López R, Martínez Cutillas A, García García JE, Egea Ibáñez L, Berenguer Hernández T, Gómez González A, Navarro García J, Ramos Carmona B, Alarcón Martínez C. 1984. Variedades tipificadas de almendro en España. *Monografías de la Obra Agrícola de la Caixa de Pensions* 2, 77 pp.
- Fernández-Cuesta A., Kodad O., Socias i Company R., Velasco, L. 2012. Phytosterol variability in almond germplasm. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 137, 343-348.
- Fernández i Martí À, Alonso JM; Espiau MT, Rubio-Cabetas MJ, Socias i Company R. 2009. Genetic diversity in Spanish and foreign almond germplasm assessed by molecular characterization with simple sequence repeats. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 134: 535-542.
- Fernández i Martí A, Font i Forcada C, Socias i Company R. 2013. Genetic analysis for physical nut traits in almond. *Tree Genet. Genomes* 9: 455- 465.
- Fernández i Martí A, Font i Forcada C, Kamali K, Rubio-Cabetas MJ, Wirthensohn M,

- Socias i Company R. 2015. Molecular analyses of evolution and population structure in a worldwide almond [*P. dulcis* (Mill.) D.A. Webb syn. *Prunus amygdalus* Batsch] pool assessed by microsatellite markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 62: 205-219.
- Font i Forcada C, Kodad O, Juan T, Estopañán G, Socias i Company R. 2011. Genetic variability and pollen effect on the transmission of the chemical components of the almond kernel. *Span. J. Agric. Res.* 9: 781-789.
  - Font i Forcada C, Fernández i Martí A, and Socias i Company R. 2012. Mapping QTLs for kernel composition in almond. *BMC Genetics* 13, 47.
  - Grasselly C. 1981. Existe-t-il des correlations des sensibilité des semis d'amandier à diverse maladies cryptogamiques? *Options Méditerran.* CIHEAM/IAMZ 1981-I: 57-58.
  - Grasselly C, Crossa-Raynaud P. 1980. *L'amandier*. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, XII + 446 pp.
  - Kester DE, Gradziel TM, Grasselly C. 1990. Almonds (*Prunus*). *Acta Hort.* 290: 699-758.
  - Kodad O, Alonso JM, Espiau MT, Estopañán G, Juan T, Socias i Company R. 2011. Chemometric characterization of almond germplasm: compositional aspects involved in quality and breeding. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136: 273-281.
  - López M, Romero MA, Vargas FJ, Batlle I. 2005. 'Francolí', a late flowering almond cultivar re-classified as self-compatible. *Plant Breed.* 124: 502-506.
  - Mateo Marqués, A. 2011. Caracterización de la colección de germoplasma de almendro del CITA de Aragón. Trabajo Fin de Carrera, EUP La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, 148 pp.
  - Orero, J. 1971. Observaciones sobre nuestra colección de almendros de floración tardía 1965-1971. Descripción de variedades. Viveros Orero, Segorbe, 22 pp.
  - Ortega Pastor E. 2002. Mejora genética del almendro: nuevas estrategias para la obtención de variedades autocompatibles. Tesis doctoral, Univ. Murcia, 212 pp.
  - Padilla G, Socias i Company R, Ordás A. 2014. Molecular characterization of almond accessions from the island of La Palma (Canary Islands, Spain) using SSRs markers. *Plant Genet. Resour.* 12: 323-329.
  - Ramos Carmona B. 1983. Variedades de almendro. Cuadernos INIA 14, 257 pp.
  - Riera, F.J. 1965. Cultivo del almendro. Ed. Aedos, Barcelona, 132 pp.
  - Sala Roqueta J. 1941. Sobre la polinización del almendro "Desmayo". *An. Esc. Perit. Agric. Super. Agric.* 1: 43-56.
  - Salom J. 1922. Un factor primordial en la producció de l'ametller. La fecundació. *Publ. Divulg. Serv. Tècn. Agric.*, Barcelona, 10 pp.
  - Sánchez-Pérez R, Howad W, Garcia-Mas J, Arús P, Martínez-Gómez P, Dicenta F. 2010. Molecular markers for kernel bitterness in almond. *Tree Genet. Genomes* 6: 239-245.
  - Socias i Company R, Felipe AJ. 1992. Almond: a diverse germplasm. *HortScience* 27: 717-718, 803.
  - Socias i Company R, Felipe AJ. 1999. 'Blanquerna', 'Cambra' y 'Felisia': tres nuevos cultivares autógamos de almendro. *Inf. Téc. Econ. Agrar.* 95V: 111-117.
  - Socias i Company R, Felipe AJ. 2007. 'Belona' and 'Soleta' almonds. *HortScience* 42: 704-706.

- Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM, Felipe AJ. 2008. 'Mardía' almond. *HortScience* 43: 2240-2242.
- Socias i Company R, Gómez Aparisi J, Alonso JM, Rubio-Cabetas MJ, Kodad O. 2009. Retos y perspectivas de los nuevos cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible. *Inf. Técn. Econ. Agrar.* 105, 99-11.
- Socias i Company R, Alonso JM, Kodad O, Fernández i Martí À, Felipe AJ. 2010. Presente y futuro de la mejora del almendro del CITA de Aragón. *Rev. Frutic.* 10: 24-35.
- Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM, Espada JL, Chomé P, Martínez-Treceño A. 2012. La incidencia de las nuevas variedades auto-compatibles en el cultivo del almendro en España. *Rev. Frutic.* 18: 26-32.
- Socias i Company R, Kodad O, Fernández i Martí À, Alonso JM. 2013. Peculiaritats al·lèliques del locus S de les cultivars mallorquines d'ametller. *Collect. Bot.* 32: 9-19.
- Socias i Company R, Kodad O, Ansón JM, Alonso JM. 2015. 'Vialfas' almond. *HortScience* 50: 1726–1728.
- Tufts WP. 1919. Almond pollination. *Calif. Agric. Stat. Bull.* 306, 32 pp.
- Vallés y Vallés M. 1902. El almendro. Lib. Francisco Puig, Barcelona, 110 pp.
- Vargas FJ, Romero M. 1994. 'Masbovera', 'Glorieta' and 'Francolí', three new almond varieties from IRTA. *Acta Hort.* 373: 75-82.
- Vargas FJ, Romero M, Batlle I, Rovira M, Gispert JR, Romero A, Alegre S, Miarnau X. 2010. El programa de mejora de variedades del almendro del IRTA. *Rev. Frutic.* 10: 10-23.
- Vargas F, Romero M, Clavé J, Vergés J, Santos J, Batlle I. 2008. 'Vayro', 'Marinada', 'Constantí', and 'Tarraco' almonds. *HortScience* 43: 535-537.

## **16. Avellano, nogal y algarrobo**

---

### **Mercè Rovira<sup>1</sup>, Neus Aletà<sup>2</sup>, Laia Abelló<sup>1</sup>, Antònia Ninot<sup>1</sup> e Ignasi Batlle<sup>1</sup>**

IRTA Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. Programa de Fruticultura

<sup>1</sup> Mas de Bover, ctra. Reus-El Morell, Km, 3,8 43120 Constantí (Tarragona)

<sup>2</sup> Torre Marimon, 08140 Caldes de Montbui (Barcelona)

merce.rovira@irta.cat

#### **16.1. Introducción**

**16.1.1. Avellano**

**16.1.2. Nogal**

**16.1.3. Algarrobo**

#### **16.2. Principales variedades locales**

**16.2.1. Avellano**

**16.2.2. Nogal**

**16.2.3. Algarrobo**

#### **16.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

**16.3.1. Avellano**

**16.3.2. Nogal**

**16.3.3. Algarrobo**

#### **16.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

**16.4.1. Avellano**

**16.4.2. Nogal**

**16.4.3. Algarrobo**

#### **16.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

**16.5.1. Avellano**

**16.5.2. Nogal**

**16.5.3. Algarrobo**

#### **16.6. Utilización en programas de mejora**

**16.6.1. Avellano**

**16.6.2. Nogal**

**16.6.3. Algarrobo**

#### **16.7. Logros y perspectivas**

**16.7.1. Avellano**

**16.7.2. Nogal**

**16.7.3. Algarrobo**

#### **16.8. Agradecimientos**

#### **16.9. Referencias**

## 16.1. Introducción

### 16.1.1. Avellano

La distribución geográfica del avellano europeo (*Corylus avellana* L.) se extiende desde la costa mediterránea del norte de África, hasta las islas Británicas y la península de Escandinavia al norte, llegando hasta el este de los Montes Urales en Rusia, al Cáucaso, Irán y Líbano (Thompson et al., 1996). No se sabe en exactitud en qué período apareció el avellano en nuestro país, el primer escrito que se conoce del cultivo de esta especie data del siglo XII, del escritor árabe Ibn Al Awam: "... Se arrancan de las montañas los pies que se transportan enraizados a las huertas y jardines donde reciben cuidados de cultivo...". Lo que induce a pensar que las primeras variedades cultivadas habían sido obtenidas mediante un proceso de domesticación de las formas silvestres existentes en los bosques (Tasias, 1975). A partir de esta fecha, en la provincia de Tarragona, aparece mencionada esta especie en distintos documentos, lo que indica que el avellano era un cultivo importante en la economía agraria de ciertas regiones y, ya en los siglos XIV y XV aparecen escritos en los que se habla de la importancia de la avellana en el comercio de la exportación (Riera, 1962). También en este período está documentado el valor del avellano en Asturias "... su fruto constituye uno de los principales artículos de exportación para el agricultor..." (Alvarez-Requejo, 1965). En España, el avellano se encuentra en forma silvestre, principalmente en el pre-Pirineo, Navarra, País Vasco, Asturias, Cantabria, Sistema Ibérico y Maestrazgo, donde todavía existen masas naturales de esta especie. La superficie dedicada a plantaciones de avellano, en 2012, se concentraba en Cataluña, en la provincia de Tarragona (84% de la superficie española), existiendo también plantaciones en la Comunidad Valenciana, País Vasco, Aragón, Murcia, Navarra, La Rioja, Cantabria y Andalucía, estas cuatro últimas comunidades autónomas con menos de 10 ha plantadas en cada una (MAGRAMA, 2014).

A nivel mundial, la producción del avellano se estima en más de 700.000 toneladas y se ha estabilizado en los últimos años, debido principalmente a la reducción de cosecha de Turquía, principal país productor, que representa un 65% del total. Otros países productores son Italia (10%) y EE.UU (5%) y, en menor grado, Azerbaiyán, Georgia, España y Chile (INC, 2015). El producto tiene dos mercados muy diferentes: avellana para consumo de mesa (en cáscara), que sólo presenta aproximadamente el 5-10% del total, y avellana destinada a la industria (descascarada) que supone el 90- 95% restante (Mehlenbacher, 1991). La avellana de mesa ha de ser grande, con cáscara de aspecto atractivo, no pubescente, grano bien relleno y con un mínimo de fibra. Las avellanas de industria deben ser pequeñas, redondas, con cáscara fina, y grano lleno que pueda pelarse con facilidad (Vargas, 1989). El consumo de avellana *per capita* se estima en 120g/persona y año.

### 16.1.2. Nogal

El nogal común, *Juglans regia* L. se halla presente en toda la región templada de Europa desde la más remota antigüedad. Su expansión fue siguiendo los movimientos migratorios de las hordas primitivas desde centro Asia, su zona de origen (Leslie y McGranahan, 1995). Desde al menos 1.000 años AC el nogal ha sido ampliamente cultivado en Eurasia y ha llegado a naturalizarse en regiones muy diferentes, por lo que hoy es difícil, si no imposible, delimitar su verdadera distribución natural (Pollegioni et al., 2015). En la península Ibérica su presencia se remonta al último período glacial, según restos fósiles al Paleolítico Superior (Rivera et al., 1997). Actualmente, en las masas silvestres vegeta mezclado con otras especies de frondosas, distribuido en pequeñas agrupaciones o bosquetes más o menos dispersos. Su presencia suele seguir los cursos de agua y aumentar en altura cuanto más nos desplazamos hacia el sur de la península. El aprecio por la nuez está ampliamente documentado, así su valor energético fue muy valorado desde la antigüedad, siendo un alimento indispensable en la dieta de los soldados. Los romanos lo consideraban el fruto de Jupiter, *Jovis glans*, y a ellos se atribuye su popularización y generalizada dispersión por la Península Ibérica (Aletà et al., 2000). El nogal es considerado una especie característica del paisaje español. Los árboles se desarrollan tanto en zonas frías como en cálidas, en condiciones de secano o con soporte hídrico, o en áreas con humedades ambientales altas y en otras muy secas. Prefieren suelos carbonatados pero se distribuye en un amplio abanico de edafologías sólo rehúyen suelos asfixiantes o mal drenados. La presencia en esta diversidad de entornos corrobora la gran capacidad adaptativa que se le atribuye a la especie *J. regia*. Sin embargo, en los últimos 10 años esta variabilidad está mermando a pasos agigantados con el arranque de árboles silvestres. En 2012, sólo aparecen censados unos 200.000 árboles diseminados en todo el territorio español (MAGRAMA, 2014).

La producción de nuez a nivel mundial, unos 1,5 millones de toneladas, está liderada en por China, con cerca de la mitad de esta producción, seguida por EE.UU con más de 500.000 t. (INC, 2015). Sin embargo, existen dos grandes diferencias entre estas producciones, la primera no tiene prácticamente impacto a nivel de los mercados internacionales al consumirse en el propio país, mientras que en la segunda el objetivo productivo es exportar; por otro lado la nuez China proviene casi mayoritariamente de árboles sin injertar mientras que la californiana corresponde a variedades tipificadas, procedentes del programa de mejora genética de la Universidad de Davis (McGranahan y Catlin, 1987). Otros países tradicionalmente productores de nuez son Turquía, Irán, India, etc., en todos ellos se está favoreciendo el desarrollo de variedades propias, derivadas del material autóctono. Muchas de las plantaciones del sur europeo producen nuez de alta calidad sobre la base de variedades seleccionadas, californianas o francesas, siendo todavía Francia el principal país productor con más de 30.000 t/anales (INC, 2015).

La nuez española se etiqueta habitualmente como de alta calidad y el consumidor está habituado a pagar por esa calidad. En España existen unas 8.000 ha en plantaciones regulares (MAGRAMA, 2014); esta superficie frutal sigue en los últimos cinco años una tendencia claramente expansiva. Lo que se explica por el elevado consumo español de nuez *per capita*, más de 500g/persona y año, que todavía obliga a recurrir a la importación para cubrir las necesidades del consumo interno. En los países del área mediterránea el consumo de frutos secos, y de nuez en particular, forma parte de la cultura popular (Aletà et al., 2014). Además el haber incluido este fruto en las dietas saludables ha supuesto un importante revulsivo para el mercado mundial.

### 16.1.3. Algarrobo

El algarrobo (*Ceratonia siliqua*, L.) se cultiva desde antiguo en la mayoría de los países de la Cuenca Mediterránea, generalmente en zonas de clima suave, sobre suelos pobres y en seco. Su valor fue reconocido por los griegos, que lo introdujeron a partir del Oriente Medio en Grecia, y posteriormente por los árabes que lo diseminaron a lo largo de la costa norte africana y hacia España y Portugal. El algarrobo ha sido tradicionalmente valorado por los agricultores de la región Mediterránea como una alternativa a los cereales en tiempos de sequía y hambre. Esta especie xerófila es un importante elemento de la vegetación mediterránea y a menudo se cultiva junto con olivo, viña, almendro y cebada en sistemas agrícolas poco intensivos. Debido a los bajos requerimientos culturales se adapta a una agricultura a tiempo parcial y muestra potencial en algunas zonas. Los algarrobos son también útiles como especie ornamental en jardinería y paisajismo, como cortavientos y en agroforestación en zonas costeras y climas cálidos. Es un cultivo considerado medioambientalmente sostenible por su resistencia a la sequía, tolerancia a la salinidad, rusticidad y su facilidad de rebrote.

La pulpa de algarroba, con su alto contenido en azúcar, ha sido un alimento básico en la dieta de animales de trabajo y aprovechada por niños en épocas de hambruna. La pulpa troceada se comercializa a países europeos, Estados Unidos y Australia para alimentación animal. Su producción mundial se estima en 220.000 t anuales (FAOSTAT, 2014). Actualmente el mayor interés de esta especie es la producción de semilla para la extracción de goma a partir del endospermo. La goma del garrofin (CBG o LBG, E-410) se utiliza por la industria alimentaria como espesante o estabilizante alimentario en muchos productos, como helados y sopas.

En España, la situación actual y estructura del cultivo, es característica de un cultivo marginal, con plantaciones irregulares, envejecidas o abandonadas, asociadas con otras especies, profusión de árboles aislados y diversidad del material vegetal. Según datos del MAGRAMA (2014) se estimaron en 2012 más de 36.000 ha en producción y están contabilizados unos 50.000 árboles diseminados, sobre todo en Baleares.

## 16.2. Principales variedades locales

### 16.2.1. Avellano

El avellano es una especie autoincompatible, siendo el carácter marcadamente heterocigótico de los genotipos cultivados causa de segregación y origen de formas de gran variabilidad en las variedades cultivadas en zonas geográficas diferentes. Esta especie ha permanecido en estado semisilvestre en algunas zonas (Turquía). En otras áreas (España, Italia), la selección efectuada por los agricultores, ha sido de mayor intensidad.

La primera vez que se encuentran referenciadas variedades locales españolas es en Sources of Supply of Hazel-nuts (1916), donde se habla de la avellana española conocida en el comercio inglés. Así, se distinguían dos tipos de avellana Española: “asturianas y gallegas” que se exportaban por Gijón, y “Barcelona”, que salían de Cataluña, principalmente de Tarragona. Entre las primeras se menciona la variedad “asturiana” y entre las segundas las variedades “mallorquina” o “negreta de la Selva” (Trotter y Matons, 1922). El primer estudio conocido de una caracterización varietal en Tarragona lo realizan estos mismos autores, describen doce variedades principales y otras nueve de menor importancia. Posteriormente, Tasia (1975) distingue 3 tipos de materiales en Tarragona: variedades, variedades población y diversificación clonal. Este autor describe 36 variedades que las clasifica en 3 grupos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Grupos de variedades de avellano en la provincia de Tarragona (Tasia, 1975).

Grupo		Variedades
I	Variedades básicas en toda la provincia, en plantaciones regulares	‘Negret’
II	Variedades básicas en zonas determinadas y sólo en éstas plantadas regularmente	‘Culplà’, ‘Gironell’, ‘Grifoll’, ‘Morell’, ‘Pauetet’, ‘Ribet’, ‘Trenet’
III	Variedades secundarias, no formando plantaciones regulares. Aparecen intercaladas entre árboles de la variedad base	‘Artell’, ‘Artellet’, ‘Artell de palma’, ‘Apegalós’, ‘Ametllenca’, ‘Castanyera’, ‘Closca Molla’, ‘Colldejou’, ‘Gironenc’, ‘Lluenta’, ‘Martorella’, ‘Negret Capellut’, ‘Negret Garrofi’, ‘Negret Primerenc’, ‘Pere Mas’, ‘Pinyolenc’, ‘Planeta’, ‘Puntxenc’, ‘Queixal de llop’, ‘Ratlada’, ‘Ratoli’, ‘Ros’, ‘Rosset’, ‘Sant Joan’, ‘Sant Pere’, ‘Sant Pere de Riudecanyes’, ‘Simon’ y ‘Vimbodí’

Estas variedades tienen rasgos comunes: bastante productivas, tendencia a la formación de núculas redondas u ovaladas, rendimiento en grano medio, tamaño medio a pequeño,

brotación y maduración de media a tardía y rusticidad bastante elevada (Vidal-Barraquer y Tacias, 1976). La variedad más ampliamente cultivada es 'Negret', que juntamente con 'Gironell', 'Pauetet' y 'Trenet' ocupan la mayor parte de regadío de las zonas llanas de la zona. En cambio, las variedades 'Grifoll', 'Morell' y 'Culplà', se cultivan preferentemente en los secanos del interior de la provincia. Cabe destacar la importancia de la variedad 'Ribet', en algunas zonas de regadío o secanos frescos de la provincia (Alforja, Prades). Otras variedades que destacan son 'Vermellet', por buen polinizador al emitir polen en cantidad y poseer un período de floración masculina muy largo; y 'Castanyera' por su avellana grande, redonda y cáscara gruesa (sinonimia de 'Barcelona' en Oregon, 'Fertile de Coutard' en Francia, o 'Grada de Viseu' en Portugal) (Koksal, 2000).

El cultivo del avellano también tiene una larga tradición en Asturias, sigue los cauces de los ríos, delimita fincas o está presente como árbol aislado. Muchos agricultores asturianos llamaban "ablanar" al avellano cultivado por su fruto, y "ablanu" al avellano silvestre o "machu" de fruto aplanado y de escasa calidad, pero de abundante floración masculina. La avellana asturiana, por su calidad de sabor, fresco y delicado, y fina cáscara, tenía un aprecio especial en los mercados de Inglaterra (Alvarez-Requejo, 1965). Sin embargo, en el Principado eran pocas las plantaciones regulares, en ellas se cultivaba la variedad de Tarragona 'Negret', y las autóctonas 'Amandi', 'Camoca', 'Casina', 'Espinareda', 'Naviana', 'Quirós' o 'Villaviciosa'. Estas plantaciones desaparecieron, pero recientemente, con el fin de preservar la diversidad genética del avellano en la zona y promover el interés por este cultivo, se realizaron amplias prospecciones conjuntamente IRTA-SERIDA en el período 2003-2005. El material hallado presenta una gran variabilidad genética (Rovira et al., 2004) y una muy buena calidad del fruto para los requisitos de la avellana de industria (Rovira et al., 2008). La caracterización mediante marcadores moleculares ISSR, ha puesto de manifiesto también el gran polimorfismo del material asturiano (Ferreira et al., 2010). Los resultados, revelan que las accesiones asturianas están muy relacionadas entre ellas pero son relativamente distantes, genéticamente, de las variedades de la zona de Tarragona y de otras variedades extranjeras.

En Cantabria son escasas las plantaciones regulares de avellano, como en el caso de Asturias, estos arbustos crecen espontáneos en los montes y riberas de arroyos, encontrándose ecotipos de indudable interés agronómico (de Sebastián Palomares, 2008). La prospección realizada en esta comunidad entre los años 1990 y 1994, se focalizó a la preservación de la diversidad genética pero también a identificar el material mejor adaptado. En este trabajo se obtuvieron 14 ejemplares que se están estudiando en el CIFA de Muriendas (Cantabria) (García-Méndez et al., 2010). Su caracterización morfológica y pomológica ha puesto de manifiesto, una vez más, la gran variabilidad del material existente (Figura 1).



**Figura 1.** Variabilidad en las formas de la avellana.

### 16.2.2. Nogal

En España, a partir de los años 70 se inician unos primeros trabajos de prospección de genotipos locales en el Levante español y en Extremadura y de estos se derivan algunas selecciones, árboles destacados por alguna característica productiva. Se llega incluso a dar nombre a algunas como 'Nogon', 'Badajoz', 'Ibi', 'Contestana', 'Sendra', 'Gran Jefe' etc. (Frutos, 1983; Luna, 1990). En Valencia, a través del ICONA, se inició su multiplicación pero finalmente su presencia quedó reducida a algunas plantaciones experimentales. Sin embargo, desde el primer momento en el que el interés del nogal como especie frutal se vislumbró en España no se recurrió a implantar materiales locales sino a la introducción de variedades foráneas, las primeras desde Francia: 'Franquette', 'Mayette' y 'Parisienne', y a partir de los años 80 desde California, 'Serr', 'Hartley', 'Vina' o 'Pedro'.

El interés por el material autóctono de la península Ibérica, desde un punto de vista de investigación, se centró en la búsqueda de la potencial "resistencia a Bacteriosis"; se partió de la suposición de que en algunas zonas propicias al desarrollo de esta enfermedad se podrían localizar individuos poco afectados y así en el marco de un proyecto europeo, entre 1988 y 1992, el IRTA identificó en Galicia, en estrecha colaboración con el centro del INIA de Lourizán, un buen número de nogales aparentemente sanos. Paralelamente se llevó a cabo también una prospección en la provincia de Tarragona en la que se localizaron algunos individuos de interés y se identificaron dos características muy importantes: la presencia de fructificación lateral y la maduración precoz. Entre los materiales recolectados también se ha comprobado una amplia presencia de la afección por el virus Cherry Leaf Roll cifrada en las poblaciones de origen atlántico en cerca del 50% y en el área mediterránea en el 30% (Aramburu et al., 1997).

Como se ha indicado, no existen variedades locales españolas que se utilicen en las nuevas plantaciones, sólo casos anecdóticos como ‘Gales’, de interés muy limitado, que se propaga, comercializa y planta por el tamaño de la nuez. Sin embargo, si existen todavía algunas plantaciones, no siempre regulares, de genotipos locales, materiales de semilla de una misma zona y con características de fruto parecidas que permiten la comercialización del fruto bajo un mismo nombre. Entre ellas se encuentran las “Nueces del Nerpio” en Albacete, las “Nueces de Pedroso” en La Rioja, las de “Viladecruces” en Pontevedra, las de “La Bureba” en Burgos y las del “Rincón de Ademuz” en Valencia (Aletà et al., 2014). A todas ellas el acervo popular les confiere unas características organolépticas diferenciales i se venden bajo el epígrafe de Nueces naturales, sinónimo de ecológicas. A menudo, estas buenas características son difíciles de demostrar ante la heterogeneidad del producto que se comercializa.

En 2003 en el marco de un proyecto INIA, tres organismos de investigación, el CIFA de Lourizán en Galicia, el CITA de Zaragoza y el IRTA de Cataluña ponen en marcha una recolección de materiales de nogal por toda España, de norte a sur, visitando todas las zonas con presencia de *J. regia* silvestre, árboles de semilla. Finalmente, se localizan 44 enclaves diferentes con presencia de nogales agrupados, perteneciendo a una zona geográfica más o menos aislada, siguiendo el modelo de Regiones de Identificación y Utilización de Material Forestal de Reproducción de García del Barrio *et al.* (2001). Sobre algunos de los árboles de cada “población”, considerados como representativos, se recogieron semillas. Estas nueces se evaluaron siguiendo los descriptores UPOV (Díaz et al., 2006) y también se plantaron algunos de sus descendientes como representantes de la diversidad de cada zona; actualmente estos ejemplares se hallan incluidos en colecciones para su estudio agronómico. Con esta medida se trató de recolectar la máxima diversidad posible de los supuestamente distintos *demes* de *J. regia* localizados en España y así tratar de preservarla frente a las amenazas vigentes: el arranque y a la introgresión imparable del material foráneo.

Durante los años 1990 y 2009, el CIFA de Muriendas (Cantabria) realizó una prospección de material en esta comunidad y se seleccionaron 16 materiales de nogal que se encuentran actualmente en colección. Su estudio, ha revelado una gran variabilidad tanto morfológica como fenológica de este material (García-Méndez et al., 2010).

### 16.2.3. Algarrobo

El algarrobo es una especie polígamo trioica (individuos femeninos, machos y hermafroditas). Es frecuente que en la Cuenca Mediterránea coexistan formas silvestres y tipos originados a partir de formas cultivadas. Desde la antigüedad, el algarrobo ha sido propagado, inicialmente a partir de semillas y posteriormente mediante injerto. Por consiguiente, los cultivares se originaron a partir de individuos provenientes de semilla seleccionados por los agricultores en poblaciones locales y posteriormente propagados por injerto en plantaciones comerciales. A nivel mundial, aproximadamente 50 variedades han sido descritas (Batlle y

Tous, 1997). La prospección y estudio en colección de variedades en el área mediterránea se inició por su importancia en los secanos de la zona litoral mediterránea.

Las variedades de algarrobo españolas se pueden considerar mayoritariamente locales y han sido en general poco estudiadas (Figura 2). Cabe mencionar las aportaciones, antiguas y parciales de Rullán (1897) en Baleares, Lleó (1901) en Valencia y Bassa (1917) en Cataluña. En 1984, el IRTA inició un trabajo de prospección, introducción, conservación y caracterización de variedades españolas procedentes de diferentes zonas de la costa mediterránea. El estudio en colecciones de estos materiales ha dado abundante información (Tous y Batlle, 1990; Batlle y Tous, 1997; Tous et al., 2013). Individuos pistilados han sido seleccionados preferentemente respecto a tipos hermafroditas ya que son mejores productores de algarrobas.

Las variedades españolas se caracterizan por su elevado contenido en pulpa pero son de rendimiento medio en semilla (8-10%). Destacan algunas variedades de las Islas Baleares con un rendimiento del (15%) y ecotipos naturales en Andalucía incluso superiores al 18%, aunque el cultivar principal español 'Negra' rinde en torno al 8%.

### **16.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

Los Bancos de Germoplasma Nacionales de las tres especies, avellano, nogal y algarrobo, donde se conservan las variedades locales, junto con variedades de otros países, se encuentran en el IRTA-Mas de Bover en Constantí, Tarragona (Batlle et al., 1999; Rovira et al., 2014). Estos tres Bancos están financiados por el INIA. Los materiales de avellano se describen siguiendo los descriptores de la UPOV (1979), los de nogal con los descriptores de UPOV (1999), y los de algarrobo, siguiendo las directrices de Batlle y Tous (1979).

El IRTA es, desde el año 2004, el Centro de examen de la OEVV (Oficina Española de Variedades Vegetales), para la realización de los exámenes técnicos DHE (Distinción, Homogeneidad y Estabilidad), para los materiales de avellano y de nogal (futo y madera). Además, desde el año 2011, está acreditado por la OCVV (Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales).

#### **16.3.1. Avellano**

El material local de avellano se conserva en tres colecciones en el territorio Español: IRTA de Tarragona en Cataluña, SERIDA de Villaviciosa en Asturias y CIFA de Muriendas en Cantabria, en la localidad de Villapresente, que pertenece a la Consejería de Medio Rural, Pesca y Alimentación. El Banco de Germoplasma del IRTA reúne también una gran representación de material de otros 13 países y está considerado como la colección de referencia en Europa de material de avellano (Rovira et al., 2011). En la Tabla 2, se detalla el origen del

material, variedades o genotipos locales (material de prospección), existente en cada una de estas colecciones.



**Figura 2.** Variabilidad en el fruto del algarrobo.

**Tabla 2.** Colecciones de avellano en España que conservan variedades locales.

Procedencia	Colecciones en España <sup>2</sup>		
	IRTA	SERIDA	CIFA
Asturias	4 variedades 37 genotipos locales	5 variedades 38 genotipos locales	
Cantabria	7 genotipos locales	3 genotipos locales	44 genotipos locales
Castellón	1 variedad 1 genotipo local		
Girona	3 genotipos locales		
Zona Pirineo	1 genotipo local		
Tarragona	27 variedades 25 genotipos locales	6 variedades	5 variedades
Total	106	52	49

<sup>2</sup>IRTA (Tarragona); SERIDA (Asturias); CIFA (Cantabria)

Se mantiene también material de avellano español en colecciones de distintos Centros de Investigación Europeos de Croacia, Eslovenia, Francia, Italia, Portugal, en Sudamérica (Chile y Argentina) y en el “National Clonal Germplasm Repository” (NCGR, de Corvallis en Oregón, EE.UU) (Koksal, 2000; Humer, 2001).

### 16.3.2. Nogal

Todos los materiales recogidos en colecciones y en el Banco de Germoplasma en España son genotipos locales, fruto de amplias actividades de prospección. Los materiales localizados se describen fenotípicamente “in situ” durante un mínimo de dos períodos vegetativos y luego los árboles calificados de “plus” son introducidos por injerto en colección. Tras una inicial evaluación vegetativa, agronómica y pomológica pasan a formar parte del actual Banco de Geroplasma Nacional de *J. regia* que gestiona el IRTA. Una nueva inclusión ha de suponer un incremento de la diversidad ya existente, valorada por marcadores moleculares, o por mostrar claramente alguna característica diferencial destacable como potencial genitor. En la Tabla 3 se muestran

**Tabla 3.** ‘Poblaciones’ representadas acualmente en el BG del IRTA.

Nombre <sup>1</sup>	Número de individuos	Estado de la caracterización <sup>2</sup>
Galicia litoral	19	17 muy avanzado
Montañas y mesetas interiores de Galicia	28	11 muy avanzado
Litoral Astur-cántabro	30	20 muy avanzada
Vertiente septentrional cantábrica	8	1 muy avanzado
Vertiente meridional cantábrica-Lomas de la Maragatería	6	6 en su inicio
Pirineo axial	11	11 en su inicio
Pre-pirineo	8	2 muy avanzado
Litoral catalán	3	3 muy avanzado
Orla septentrional de la depresión del Ebro	7	4 muy avanzado
Depresión del Ebro	4	1 muy avanzado.
La Rioja	5	2 muy avanzado.
Tierras del pan y del vino	3	3 en su inicio
Sierra de Gata	3	3 en su inicio
Sierra de Gredos	2	2 en su inicio
Alcarrias	1	1 en su inicio
Sistema ibérico oriental	7	4 muy avanzado.
Litoral levantino	21	18 muy avanzado.
Sistema ibérico meridional	8	5 muy avanzado.
Campo de Criptana	3	3 en su inicio
Montes de Toledo	3	3 en su inicio
Guadiana-Tierras de Barros	2	2 muy avanzado.

La Mancha	2	2 muy avanzado.
Sierras de Cazorla y Segura	21	9 muy avanzado.
Cordillera Subbética murciana	5	2 muy avanzado.
Litoral murciano	2	2 muy avanzado.
Cordillera Subbética granadina	3	3 en su inicio
Litoral meridional andaluz	6	6 en su inicio
Sierra Morena meridional	6	6 en su inicio
Total	228	105 Muy avanzado

<sup>1</sup>Se ha respetado el nombre de las RIUs según García del Barrio et al., (2001).

<sup>2</sup>Caracterización avanzada, establecidos al menos todos los caracteres obligatorios del descriptor UPOV (TG 123-6) (1999). Caracterización en su inicio, todavía sin describir todos los caracteres obligatorios del citado descriptor.

las poblaciones representadas en este Banco y su estado de caracterización. Además del Banco de Germoplasma del IRTA, existen otras colecciones donde se conserva material local de nogal español, en el CIFA de Muriendas (Cantabria), en el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentación, Alberca (Murcia) y en el Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (Canarias). También fuera de España, en el Istituto Sperimentale per la Fruticoltura di Roma, Caserta, en Italia (Germain, 2004) o en el Walnut Repository de Davis.

### 16.3.3. Algarrobo

El Banco de Germoplasma Nacional de algarrobo del IRTA alberga 236 accesiones (182 femeninas, 3 masculinas y 51 hermafroditas) provenientes de 12 países. Como material autóctono español existen 163 introducciones de cinco comunidades autónomas (Andalucía, Baleares, Cataluña, Murcia y Comunidad Valenciana) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Principales variedades locales de algarrobo conservadas en la colección del IRTA y su zona de origen.

Región	Provincia	Cultivar (en orden de importancia)
Cataluña	Barcelona	'Negra', 'Banya de cabra', 'Banya de marrà', 'Molla negra'
	Tarragona	'Negra', 'Rojal', 'Costella de ruc', 'Llei d'Aldover'
Islas Baleares	Mallorca	'Bugadera', 'De la mel', 'Duraió', 'Vera', 'Costella', 'Rossa'
	Ibiza	'Panesca', 'Boval', 'Uraiona', 'Fina', 'Rotja'
C. Valenciana	Castellón	'Negra', 'Ralladora', 'Banyeta', 'Casuda', 'Del pom', 'Murtera'
	Valencia	'Matalafera', 'Melera', 'Costella', 'Llisa', 'Casuda', 'Catxa'
	Alicante	'Lindar', 'Costella bou', 'Vera', 'Borrera', 'Sta. Maria', 'Fornera'
Murcia		'Mollar', 'Ramillete' <sup>z</sup> , 'Mojonera'
Andalucía	Málaga	'Sayalonga', 'Rubia', 'Bravia' (tipo silvestre)
	Granada	'Fina', 'Laesa', 'Vacta'
	Huelva	'Blanca'

<sup>z</sup> Hermafrodita

Existen otras colecciones de menor importancia en Liria (Valencia); Sa Pobla (Mallorca) y Torrepacheco (Murcia). Fuera de España en Catania (Italia), Tavira (Portugal) y Kairouan (Túnez) (Tous et al., 2013).

## 16.4. Variedades locales con interés para su recuperación

### 16.4.1. Avellano

La mayoría de las variedades locales presentan características destacables, que las hacen interesantes para su conservación en colecciones (Tabla 5). Hay que tener presente también, que muchos de los genotipos locales (materiales de prospección) de Tarragona, Asturias y Cantabria, aún se están estudiando en colecciones, y muy probablemente, manifiesten algún carácter de relevancia, interesante de preservar.

### 16.4.2. Nogal

Aunque no existen variedades locales propiamente, el estudio del germoplasma en las colecciones del IRTA ha permitido detectar tanto caracteres deseables como no entre estos genotipos (Tabla 6). Algunos de ellos de gran importancia productiva como la Fructificación lateral, o agronómica como la menor susceptibilidad a la Bacteriosis, la principal enfermedad del cultivo causante de pérdidas económicas muy elevadas en este cultivo.

**Tabla 5.** Variedades locales y sus principales características.

Características	Variedades	Referencias
Vigor fuerte	'Gironell' <sup>z</sup> , 'Pauetet' <sup>z</sup> , 'Castanyera' <sup>z</sup> , 'Segorbe' <sup>z</sup> , 'Planeta'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976; Germain y Sarraquigne, 2004; Koksal, 2000
Maduración temprana	'Sant Pere' <sup>z</sup> , 'Sant Joan', 'Sant Jaume'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976; Thompson et al., 1978
Alto rendimiento en cáscara (>50%)	'Amandi', 'Closca Molla', 'Casina', 'Clon La Masó', 'Francolí'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976; Me- hlenbacher, 1991; Koksal, 2000
Avellana muy atractiva (grano)	'Sant Pere', 'Ribet' <sup>z</sup> , 'Pinyo- lenc'	Tompson et al., 1978
Buena aptitud para el pelado del grano tostado	'Negret' <sup>z</sup> , 'Vermellet', 'Clos- ca Molla', 'Negret Primerent', 'Sant Pere'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976
Buen sabor	'Ribet', 'Negret'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976
Avellana de gran valor comercial	'Negret', 'Pauetet'	Riera, 1962; Mehlenbacher, 1991; Romero et al., 1997
Buena adaptación a condiciones de sequía	'Grifoll', 'Morell' <sup>z</sup> , 'Artellet'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976
Resistencia a <i>Phytop- tus avellanae</i> Nal.	'Ribet', 'Trenet', 'Culplà', 'Grifoll', 'Martorella', 'Clon La Masó'	Vidal-Barraquer y Tasia, 1976; Thompson et al., 1978
Resistencia a <i>Ani- sogramma anómala</i> [Peck] E. Müller	'Ratolí', 'Culplà'	Santhuvalli et al., 2011; Colburn et al., 2015
Resistencia a bacte- riosis <i>Xanthomonas camprestis</i> pv. <i>corylina</i> (Miller et al.)	'Segorbe'	Mehlenbacher, 1991

<sup>z</sup> Variedades ejemplo en distintos descriptores internacionales de avellano

### 16.4.3. Algarrobo

La mayoría de las variedades locales españolas tienen interés actualmente para su conservación. Centurias de cultivo han originado variedades locales femeninas y algunas hermafroditas que difieren en su hábito de crecimiento, vigor, tamaño de la algarroba y calidad, rendimiento en semilla, productividad y resistencia a enfermedades y plagas. También se han seleccionado tipos locales macho. La mayoría de las variedades son de origen desconocido y representan el germoplasma de cada región. En la Tabla 7 se muestran las características agronómicas y comerciales de las principales variedades conservadas en el Banco de Germoplasma del IRTA.

**Tabla 6.** Características destacables de los genotipos locales de *J. regia* disponibles en el BG español del IRTA.

Carácter	Origen	Referencias
Fructificación lateral	Litoral mediterráneo (catalán y levantino)	Aletà y Ninot, 1997
Precocidad en aparición flores femeninas	Litoral Mediterráneo (catalán y levantino)	Aletà y Ninot, 1997
Maduración precoz	Sistema ibérico oriental (Montsià)	Aletà y Ninot, 1997
Brotación precoz	Levante peninsular	Aletà y Ninot, 1997
Baja susceptibilidad a Bacteriosis	Galicia litoral (sur)	Aletà y Ninot, 2001
Susceptibilidad al PFA <sup>z</sup>	Litoral Mediterráneo (catalán)	Rovira et al., 2001
Resistencia al frío de otoño	Galicia Interior y Sierra de Cazorla	Guardia et al., 2016

<sup>z</sup> PFA: Pistillate Flower Abscission

## 16.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación

### 16.5.1. Avellano

Como ya se ha puesto en evidencia, el germoplasma de avellano Español presenta una elevada diversidad genética en los distintos materiales. Su observación revela gran variabilidad en el vigor y porte de la planta, en el tamaño y forma del fruto, en la largada del involucre y en muchos otros caracteres morfológicos y en parámetros fisiológicos. También se han descrito diferencias en el contenido de aceite del grano, en la composición de los ácidos grasos o en el contenido de minerales y polifenoles (Soliva et al., 1983; Solar et al., 2009; Bachetta et al., 2013). Romero *et al.* (2005) muestran la distinta adaptabilidad de las variedades a determinados productos industriales (chocolates, bombones o turrone), dependiendo de las características físicas y químicas de los materiales. Otros trabajos ponen de manifiesto el polimorfismo de la especie mediante marcadores bioquímicos (isoenzimas) (Rovira, 1997) y marcadores de ADN (SSR), con un alto grado de diversidad genética (Bocacci et al., 2008). Una muestra más del polimorfismo de las variedades locales es el número de variedades españolas que se utilizan como ejemplo en los descriptores internacionales de distintos caracteres para el avellano. Diez variedades en Thompson *et al.* (1978), seis variedades en UPOV (1979) y cinco variedades en Bioversity International (Koksál y Tuna Gunes, 2008).

### 16.5.2. Nogal

El nogal ha sido una especie tradicionalmente propagada por semilla por las grandes dificultades que supone su injerto, aspecto que ha dificultado la selección varietal y el desarrollo de esta especie como frutal (Figura 3). Sin embargo el aspecto positivo de esta situación ha sido que todavía hoy existe en el mundo una elevada riqueza genética que se puede explotar. Durante este último siglo se ha efectuado una amplia labor de prospección en distintas partes del mundo, que han permitido localizar materiales adaptados a climatologías diferentes, a clima continental en centro Europa, a climas cálidos en el área mediterránea por ejemplo, pero también con características productivas diferentes como el tipo de fructificación, la tolerancia a enfermedades fúngicas, la época de maduración o el color del grano. Existen en el mundo importantes Bancos de Germoplasma donde se conservan todas estas particularidades, esta información se halla recopilada en el documento FAO editado por Germain (2004), donde se especifican también las características de los materiales españoles.



**Figura 3.** Ejemplar de árbol de semilla de nogal en el Pirineo, Vall de Cardós.

### 16.5.3. Algarrobo

El potencial genético de las variedades de algarrobo como fuente de variación es desconocido. Se observan importantes diferencias entre ellas. Variedades comerciales y tipos silvestres difieren en producción de pulpa, rendimiento en semilla, contenido en goma y sensibilidad a enfermedades (Tous et al., 2013).

## 16.6. Utilización en programas de mejora

### 16.6.1. Avellano

El uso de métodos de mejora adecuados (cruzamientos controlados y selección) ofrece amplias posibilidades para la mejora genética de este cultivo, en que la selección de variedades estuvo limitado durante muchos años al hallazgo al azar de genotipos destacados provenientes de semilla (Thompson, 1976). En los distintos países se ha enfocado la mejora según sus necesidades o intereses (industria o mesa).

El trabajo en mejora utilizando las variedades locales españolas se ha enfocado en tres aspectos: selecciones clonales, como genitores de programas de cruzamientos dirigidos y para realizar estudios de heredabilidad de algunos caracteres del avellano.

En los países donde el avellano es un cultivo antiguo que data de hace muchos siglos, Turquía, España e Italia, se encuentran distintos materiales que en realidad son una diversificación clonal de una misma variedad (Tasias, 1975). Es necesario realizar trabajos de selección, para encontrar el mejor material y tipificar la variedad. En España, se ha realizado una selección clonal de las principales variedades 'Negret' y 'Gironell' (Rovira et al., 1997) con materiales encontrados en plantaciones comerciales. Se buscaron, principalmente, materiales libres del virus del manzano ApMV, que afecta a algunas variedades de avellano, repercutiendo en su producción (Aramburu y Rovira, 1998; Rovira et al., 2006). En España, el IRTA inició un programa de mejora genética de cruzamientos dirigidos en el año 1975 con el objetivo de obtener variedades mejoradas para la industria, principal destino del mercado español (Tous et al., 2001), que superasen a la variedad principal 'Negret'. Las características deseadas fueron: rápida entrada en producción, productivas, avellanas de maduración precoz, con alto rendimiento en grano, resistencia a *Phytoptus avellanae* Nal., árbol con pocos rebrotes, y para lugares específicos, resistencia a clorosis y a la sequía. Para ello se realizaron una serie de cruzamientos entre variedades locales de los que se obtuvieron 4 selecciones élite J-59, J-87, O-131, AA-43 (Mena, 1987; Rovira y Tous, 2001). Estos materiales tienen el genitor común 'Closca Molla', variedad interesante por su alto rendimiento en grano (58%) (Koksal, 2000). El mayor programa de mejora genética del avellano se desarrolla desde el año 1960 en la Universidad de Oregón, en Corvallis (EEUU). Para ello se utilizan genitores de distintas procedencias, entre ellas, la española. Dos variedades 'Casina' de Asturias y 'Barcelona' de Tarragona se han utilizado ampliamente en estos cruzamientos (Mehlenbacher, 1994) junto con las variedades 'Negret', 'Morell', 'Pauetet', 'Ribet', 'Sant Pere', 'Sant Jaume' y 'Segorbe'. Otros países donde se ha utilizado material español para la realización de cruzamientos son Italia, en la Universidad de Torino, con las variedades, 'Barcelona', 'Negret' y 'Segorbe' (Romisondo, 1983 y Romisondo et al., 1983) y en Francia, con 'Gironell', 'Negret' y 'Segorbe' como genitores, en la obtención de materiales para ave-

llana de industria (com. personal E. Germain). Sin embargo, el programa de mejora del INRA de Bordeaux en Francia, iniciado hacia 1970 y ya finalizado, se orientó, principalmente, a la obtención de variedades grandes para el mercado de avellana en cáscara (Thompson et al., 1996). La variabilidad genética mostrada en las variedades españolas, se ha utilizado, junto con otros cultivares de distintos países para realizar estudios de heredabilidad de ciertos caracteres en avellano (Tabla 8).

**Tabla 8.** Variedades españolas utilizadas en programas de mejora genética varietal y en el estudio de la herencia de caracteres en avellano, en distintos países.

Variedades	Caracteres	Referencias
'Barcelona' <sup>z</sup>	Resistencia al frío	Lagerstedt, 1975
'Barcelona'	Susceptibilidad a <i>Phytoptus avellanae</i> Nal.	Thompson, 1977a
'Barcelona'	De fruto Época de floración	Thompson, 1977b, Romisondo et al., 1983a
'Barcelona', 'Casina', 'Negret', 'Segorbe'	Defectos en el fruto	Mehlenbacher et al., 1993
'Casina', 'Negret', 'Ribet'	Morfológicos y fenológicos	Yao y Mehlenbacher, 2000
'Ratolí', 'Culplà'	Resistencia a <i>Anisogramma anómala</i> [Peck] E. Müller	Sathuvalli et al., 2011; Colburn et al., 2015

<sup>z</sup>'Barcelona' (sinonimia de 'Castanyera')

### 16.6.2. Nogal

La utilización del material local de nogal en programas de mejora en España ha sido anecdótico al no existir programas de mejora de esta especie. Cabe mencionar unos pocos cruzamientos realizados utilizando materiales autóctonos como genitores en el IRTA (Cataluña) y en el IMIDA de Murcia, en los que se ha comprobado que algunos caracteres como la Fructificación lateral o la Maduración precoz, pueden introducirse en la especie desde material autóctono.

### 16.6.3. Algarrobo

A nivel mundial, se desconocen programas de mejora en algarrobo en que se hayan realizado cruzamientos controlados y selección. La condición de especie trioica (individuos femeninos, hermafroditas y masculinos) dificulta el diseño de cruzamientos y la elección de parentales. En principio, parece más adecuada la elección de variedades femeninas y hermafroditas para la realización de cruzamientos ya que se conocen ambos tipos de fruto y su posible aportación genética. En el IRTA se realizó en 2010 siembra directa de semillas

procedentes de 25 variedades o tipos silvestres, seleccionados por su elevado contenido en semilla, provenientes de Marruecos (19), España (4) y Túnez (2). En total 165 individuos provenientes de semilla están siendo evaluados.

## 16.7. Logros y perspectivas

### 16.7.1. Avellano

Se han conseguido avances importantes en la utilización de variedades locales españolas de avellano en los distintos programas de mejora genética a nivel mundial.

Fruto de la selección clonal de la variedad ‘Negret’, en el IRTA se ha obtenido el clon ‘Negret-IRTA®N-9’. Es un clon muy productivo y libre del virus del manzano (ApMV). Este clon tiene mucha aceptación por parte de los agricultores y actualmente es la planta de avellano más vendida en los viveros españoles.

En el INRA de Bordeaux (Francia) se seleccionó la variedad ‘Corabel®’, semilla proveniente de ‘Fertile de Coutard’ (Germain y Sarraquigne, 2004). Es una muy buena variedad para el mercado de mesa, de avellana en cáscara (Mehlenbacher, 1994).

Del programa de mejora de la Universidad de Oregon, Corvallis (EE.UU), se han obtenido selecciones muy interesantes y nuevas variedades que se encuentran ya en el mercado. Trece de estas nuevas selecciones tienen en su genealogía una variedad española, ‘Casina’ o ‘Barcelona’ (NCGR, 2015). Entre ellas, las principales nuevas variedades: ‘Villamette’ (Mehlenbacher et al., 1991a), ‘Clark’ (Azarenco, et al., 1999), ‘Lewis’ (Mehlenbacher et al., 2000), ‘Yamhill’ (Mehlenbacher et al., 2009) y la variedad ornamental ‘Rosita’, característica por su follaje rojo (Smith y Mehlenbacher, 2002).

Las plantaciones de avellano de Estados Unidos, tienen una grave limitación, la enfermedad del “Eastern Filbert Blight” (EFB), causada por el hongo *Anisogramma anomala* [Peck] E. Müller. Este hongo está establecido en el valle de Villamette, Oregón y devasta las plantaciones de la costa norte del pacífico (Molnar et al., 2011). Ante esta grave enfermedad para el sector avellanícola americano, el programa de mejora genética del avellano de la Universidad de Oregón va encaminado, principalmente a obtener nuevas variedades resistentes a la enfermedad. La resistencia está controlada por un gen dominante en un locus simple y se han identificado los alelos responsables de esta resistencia (Mehlenbacher et al., 1991b). El National Clonal Germplasm Repository (NCGR), en Corvallis, Oregón (EE.UU), dispone de la colección más grande del mundo de variedades de avellanos de distintos orígenes, en ella se conservan 29 variedades españolas. Dos de ellas: ‘Ratolí’ y ‘Culplà’ son resistentes a *Anisogramma anomala* [Peck] E. Müller (Sathuvalli et al., 2011; Colburn et al., 2015). Estas variedades de Tarragona, tienen distinta presencia en las plantaciones. Mientras ‘Culplà’ es una variedad que se encuentra poco cultivada en las comarcas del interior de Tarragona,

en los secanos de las zonas de Prades y Conca de Barberà, 'Ratolí', es una variedad poco conocida, de avellana muy pequeña, con poco interés.

Considerando la importancia de las variedades locales españolas en los logros obtenidos en la mejora genética del avellano a nivel mundial, no cabe duda de la necesidad que hay de conservar y mantener este material local en distintas colecciones. El hecho que dos variedades de Tarragona como 'Culplà' y 'Ratolí', casi sin importancia en su zona de origen, se utilicen en los programas de mejora de la Universidad de Oregón, pone de manifiesto la importancia que tiene todo material genético y el interés de su conservación en colecciones.

### **16.7.2. Nogal**

Actualmente, las principales variedades utilizadas en las nuevas plantaciones, a nivel mundial, son, prácticamente todas, resultado del Programa de mejora genética de California, entre las más comunes 'Serr' y 'Chandler'. Sin embargo, el interés por los genotipos locales sigue vigente para avanzar en la selección de nuevas variedades. En estos momentos desde el punto de vista meramente productivo, dos son los caracteres más buscados: la resistencia a la Bacteriosis (*Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*) y la maduración precoz. Esta situación deja en muy buena posición el material de *J. regia* de la península Ibérica donde estas características están presentes entre los genotipos locales. No obstante, el futuro de los programas de mejora varietal a nivel mundial parece más bien limitado en los próximos años, y con él las perspectivas de utilización de materiales locales como genitores. Sin embargo, frente al cambio climático la homogeneidad material que existe a nivel mundial en nogal no es un buen camino para el desarrollo futuro de este cultivo y ya, en estos momentos, el sector es consciente de esta situación. La buena caracterización de los genotipos de partida y su conservación es sin duda un punto crucial para asegurar un futuro productivo de esta especie.

### **16.7.3. Algarrobo**

La selección empírica realizada por los agricultores a través de siglos de cultivo del algarrobo ha originado variedades con elevado contenido en pulpa para alimentación animal. Sin embargo, actualmente la utilización principal del fruto es la semilla y por tanto existe un amplio margen de mejora. Así, el IRTA ha seleccionado individuos silvestres tanto en España como en el Norte de África (Marruecos y Túnez) con elevado contenido en semilla que están siendo actualmente evaluados.

Los principales cambios ocurridos en la domesticación de esta especie fueron el incremento del tamaño del fruto (vaina), textura y contenido en azúcar. Por el contrario, los requerimientos climáticos de los cultivares aún se asemejan a los de sus formas silvestres (Zohary, 2002). El algarrobo parece una especie mejor adaptada ecológicamente al cambio climático que otras.

El interés por el cultivo actualmente es escaso debido a que los precios de la algarroba son similares a los de hace 35 años. En este contexto, es muy difícil que, aunque existiendo diversidad genética suficiente para ser explotada en mejora, se lleven a cabo programas de cruzamientos controlados y selección de los mejores genotipos según los objetivos fijados ya que la mejora genética es a largo plazo y requiere financiación continua e implicación del sector.

## 16.8. Agradecimientos

Los tres Bancos Nacionales de Germoplasma del IRTA: avellano, nogal y algarrobo reciben financiación del INIA al cual agradecemos la misma.

## 16.9. Referencias

- Aletà N, Ninot A. 1997. Field evaluation of *J. regia* selected clones from seedling populations of Mediterranean and Atlantic coast. *Acta Hort.*442: 63-67.
- Aletà N, Ninot A. 2001. Bligh sensitivity of Spanish selections of *J. regia*. *Acta Hort.*544: 353-362.
- Aletà N, Kishore DK, Sharma YP, Pramanik KK. 2000. Persian walnut. pp 169-193. En *Textbook on Pomology. Devoted to Temperate Fruits. IV Vol.TK.* Chattopadhyay (ed.).
- Aletà N, García D, Rovira M. 2014. Walnut Footprints in Spain. pp 369-377. En *Following Walnut Footprints (Juglans regia). Cultivation and Culture, Folklore and History, Traditions and Uses.* D. Avanzato (ed.). ISHS. *Scripta Horticulturae* 17.
- Alvarez Requejo S. 1965. El Avellano. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Aramburu, J.; Ninot, A.; Aletà, N. 1997. Importancia del virus del enrollado del cerezo (CLRv) en el cultivo del nogal en España. *Phytoma* 93: 30-35.
- Aramburu J, Rovira M. 1998. The effects of apple mosaic ilarvirus (ApMV) on hazelnut (*Corylus avellana* L.). *J. Hortic. Sci. & Biotech.* 73(1):97-101.
- Azzarenco AN, Mehlenbacher S, Smith D, McCluskey R. 1999. New hazelnut cultivar 'Clark' (OSU276.142). Oregon State University Extension Service, EM 8727.
- Bacchetta L, Araminri M, Zinni A, Di Giammateo V, Spera D, Drogoudi P, Rovira M, Silva AP, Solar A, Botta R. 2013. Fatty acids and  $\alpha$ -tocopherol composition of hazelnut cultivars and accessions: A chemotrophic approach to emphasize the quality of European germplasm. *Euphytica* 191:57-73.
- Bassa J. 1917. El Algarrobo. El Vendrell.
- Batlle I, Tous J. 1997. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Batlle I, Aletà N, Clavé J, Ninot A, Plana J, Romero M, Rovira M, Tous J, Vargas FJ. 1999. Bancos de germoplasma de especies de frutos secos y desecados: avellano,

- nogal, pistachero y algarrobo. *Fruticultura Profesional* 104:6-12.
- Boccacci P, Rovira M, Botta R. 2008. Genetic diversity of hazelnut (*Corylus avellana* L.) germplasm in northeastern Spain. *HortScience* 43:667-672.
  - Colburn BC, Mehlenbacher SA, Sathuvalli VR, Smith D. 2015. Eastern filbert blight resistance in hazelnut accessions 'Culplà', 'Crvenje', and OSU 495.072. 2015. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 140(2):191-200.
  - De Sebastián Palomares JI. 2008. Frutos secos en Cantabria: La nuez y la avellana. CIFA, Muriendas. Cantabria.
  - Díaz R, Alonso E, Fernández-López J. 2006. Genetic and geographic variation in seed traits of common walnut (*Juglans regia* L.) among twenty populations from the west of Spain. *Acta Hort.*705:137-141.
  - FAOSTAT. Food and Agricultural Organization. 2014. [www.fao.org](http://www.fao.org).
  - Ferreira JJ, Garcia-Gonzalez C, Tous J, Rovira M. 2010. Genetic diversity revealed by morphological traits and ISSR markers in hazelnut germplasm from northern Spain. *Plant Breeding* 129: 435-441.
  - Frutos D, Verdú R, Ruiz C. 1983. Aproximación al conocimiento de la población española de *J. regia* L. y posibilidades de aprovechamiento de su variabilidad genética para el cultivo del nogal como especie frutal. XV Jornadas de estudio de la Asociación para el desarrollo agrario. Mayo, Zaragoza.
  - García-Méndez E, Fernández O, Méndez S, de Sebastián-Palomares JI, Rovira M, Aletà N. 2010. Caracterización morfológica y pomológica de germoplasma local de nogal y avellano de Cantabria. *Actas de Horticultura de la SECH* 55:259-260.
  - García del Barrio JM, De Miguel J, Alía R, Iglesias S. 2001. Regiones de Identificación y Utilización de Material Forestal de Reproducción. Ministerio de Medio Ambiente. (ed.).
  - Germain E. 2004. Inventory of walnut research, germplasm and references. FAO (ed.). Regional Office for Europe. REU Technical series 66.
  - Germain E, Sarraquigne JP. 2004. Le noisetier. Ctifl (ed.). París.
  - Guardia M, Charrier G, Vilanova A, Savé R, Améglio T, Aletà N. 2016. Genetics of frost hardiness in *Juglans regia* L. and relationship with growth and phenology. *Tree Genetics & Genomes* (en prensa).
  - Humer KE. 2001. Hazelnut genetic resources at the Corvallis repository. *Acta Hort.*556:21-24.
  - INC. International Nut and Dried Fruit Council. 2015. *The Craker*, 66. Núm. 3.
  - Koksai AI. 2000. Inventory of hazelnut research, germplasm and references. FAO (ed.). Regional Office for Europe. REU Technical series 56.
  - Koksai AI, Tuna Gunes N. 2008. Descriptors for Hazelnut (*Corylus avellana* L.). Bioversity International, FAO-CIHEAM. Rome.
  - Lagersted HB. 1975. Filberts. pp 456-489. En *Advances in Fruit Breeding* J Janick y JN Moore (ed.). Indiana.
  - Leslie C, McGranahan GH. 1995. Origin of walnut. *Walnut Production. A Pomology short course*. Univ. Davis (ed.). 369-382.

- Luna F. 1990. El Nogal. Mundi-Prensa (ed.). Madrid.
- Lleó G. 1901. El algarrobo. La Agricultura Española. Valencia.
- NCGR National Clonal Germplasm Repository. 2015. NCGR –Corvallis *Corylus* catalog.
- MAGRAMA. 2014. Anuario de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente.
- McGranahan GH, Catlin PB. 1987. Genetic Improvement in walnut. pp 8-11. En D Ramos. Walnut orchard management. Publicación 12410 UC. Davis California.
- Mena J. 1987. Selección y mejora genética en el Centro Agropecuario Mas Bové. Commission dels Communautés européennes. Rapport EUR 11207 FR. 47-48.
- Mehlenbacher SA. 1991. Hazelnuts. pp 791-836. En Genetic resources of temperate fruits and nut crops. Moore JN, Ballington JR. (ed.). ISHS.
- Mehlenbacher SA. 1994. Genetic improvement of the hazelnut. Acta Hort. 351:23-38.
- Mehlenbacher SA, Miller AN, Thompson MM; Lagerstedt HB, Smith DC. 1991a. 'Willa-mette' hazelnut. HortScience 26:1341-1342.
- Mehlenbacher SA, Thompson MM, Cameron HR. 1991b. Occurrence and inheritance of resistance to eastern filbert blight in 'Gasaway' hazelnut. HortScience 26:410-411.
- Mehlenbacher SA, Smith DC, Brenner LK. 1993. Variance components and heritability of nut and kernel defects in hazelnut. Plant Breeding 110:144-152.
- Mehlenbacher SA, Azarenco AN, Smith DC, McCluskey R. 2000. 'Lewis' hazelnut. HortScience 35(2):314-315.
- Mehlenbacher SA, Smith DC, McCluskey RL. 2009. 'Yamhill' hazelnut. HortScience 44(3):845-847.
- Molnar TJ, Goffreda JC, Funk CR. 2011. Survey of *Corylus* resistance to *Anisogramma anomala* from different geographic locations. HortScience 45(5):832-836.
- Pollegioni P, Woeste KE, Chiocchini F, Del Lungo S, Olimpieri I, Tortolano V. 2015. Ancient Humans Influenced the Current Spatial Genetic Structure of Common Walnut Populations in Asia. PLoS ONE 10(9): e0135980. doi:10.1371/journal.pone.0135980. Gyaneshwer Chaubey (ed.). Estonian Biocentre (Estonia).
- Riera F. 1962. La coltivazione del nocciolo in spagna. pp 71-99. En Convegno Internazionale sul nocciolo. Alba.
- Rivera D, Obón de Castro C, Ríos S, Selma C, Mendez F, Verdú A, Cano F. 1997. *Juglandaceae*. pp 44-55. En: Las variedades tradicionales frutales de la cuenca del río Segura. Catálogo etnobotánico, Murcia.
- Romero A, Tous J, Plana J, Diez I, Boatella J, García J, López A. 1997. Commercial quality characterisation of spanish 'Negret' cultivar. Acta Hort. 445:157-163.
- Romero A, Tous J, Plana L. 2005. How cultivar choice affects Spanish consumers' acceptance of chocolates, bonbons and hard turrón made with hazelnuts. Acta Hort. 686:577-583.
- Romisondo P. 1983. Scelta delle cultivar. Aspetti della tecnica colturale e loro riflessi sulla qualità delle produzioni. pp 61-78. En Convegno Internazionale sul nocciolo, Avellino.

- Romisondo P, Radicati L, Me G. 1983. Risultati nel campo del miglioramento genetico del nocciuolo a traverso l'incrocio e la mutagenesi. pp 231-241. En Convegno Internazionale sul nocciuolo, Avellino.
- Rovira M. 1997. Genetic variability among hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. Acta Hort. 445:45-50.
- Rovira M, Romero M, Clavé J. 1997. Clonal selection of 'Gironell' and 'Negret' hazelnut cultivars. Acta Hort. 445:145-150.
- Rovira M, Tous J. 2001. Performance of 17 hazelnut selections from four different breeding programs in Tarragona (Spain). Acta Hort. 556: 171-176.
- Rovira M, Ninot A, Aletà N. 2001. Pistillate flower abortion in walnut (*J. regia* L.). Acta Hort.544: 287-293.
- Rovira M, Tous J, Ferreira JJ, Ciordia M. 2004. Hazelnut diversity in Asturias (Northern Spain). Acta Hort. 686: 41-45.
- Rovira M, Tous J, Aramburu J. 2006. El clon de avellano 'Negret IRTA-N-9'. Vida Rural 232:18-20.
- Rovira M, Ferrerira JJ, Tous J. 2008. Prospección de avellanos (*Corylus avellana* L.) en Asturias. Fruticultura Profesional 174:16-23.
- Rovira M, Avanzato D, Bacchetta L, Botta R, Boccacci P, Drogoudi P, Ferreira JJ, Sarraquigne JP, Silva AP, Solar A. 2011. European *Corylus avellana* L. Germplasm collections. Corylus & Co. 1.2011: 66-71.
- Rovira M, Aletà N, Ninot A, Batlle I. 2014. Bancos de germoplasma de frutos secos y desecados en el IRTA: avellano, nogal y algarrobo. Actas de Horticultura de la SECH vol.69: 23-34.
- Rullán J. 1987. Cultivo práctico del algarrobo. Imprenta "La Sinceridad". Sóller, Mallorca.
- Sathuvalli VR, Chen H, Mehlenbacher SA, Smith DC. 2011. DNA markers linked to eastern filbert blight resistance in "Ratolí" hazelnut (*Corylus avellana* L.). Tree Genetics & Genomes 7:337-345.
- Smith DC, Mehlenbacher SA. 2002. 'Rosita' Ornamental hazelnut. HortScience 37(7):1137-1138.
- Solar A, Veberic R, Bacchetta L, Botta, R, Drogoudi P, Metzidakis I, Rovira M, Sarraquigne JP, Silva AP. 2009. Phenolic characterisation of some hazelnut cultivars from different european germplasm collections. Acta Hort. 845:613-618.
- Soliva M, Serena C, Garcia MD, Riera M. 1983. Determination et description de l'huile de l'amandon de diferentes variertes de noisetier. pp 527-532. En Convegno Internazionale sul Nocciuolo, Avellino.
- Tacias J. 1975. El avellano en la provincia de Tarragona. Diputación de Tarragona.
- Thompson MM. 1976. Mejora genética del avellano. pp 256-257. En I Congreso Internacional de almendra y avellana. Reus. Feria Oficial de Muestras Prov. Tarragona (ed.).
- Thompson MM. 1977a. Inheritance of big bud mite susceptibility in filberts. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(1):39-42.
- Thompson MM. 1977b. Inheritance of nut traits in filbert (*Corylus avellana* L.). Euphytica

26(465-474).

- Thompson MM, Romisondo P, Germain E, Vidal-Barraquer R, Tásias Valls J. 1978. An evaluation system for filberts (*Corylus avellana* L). HortScience 13:514-517.
- Thompson MM, Lagerstedt HB, Mehlenbacher SA. 1996. Hazelnuts. pp 125-184. En J Janick y JN Moore (ed.), Fruit Breeding Volume III Nuts. USA, INC.
- Tous, J.; Batlle, I. 1990. El algarrobo. Mundi-Prensa (ed.). Madrid.
- Tous J, Batlle I, Romero A. 1995. Prospección de variedades de algarrobo (*Ceratonía siliqua* L.) en Andalucía. ITEA, vol. 91V: 164-174.
- Tous J, Rovira M, Romero A. 2001. Avellano. pp 275-278. En La horticultura española. F Nuez, G Llácer (ed.), SECh (ed.). Ediciones de Horticultura S.L.
- Tous J, Romero A, Batlle I. 2013. The carob tree: Botany, Horticulture and Genetic Resources. Hort. Rev. Vol. 41: 385-456. J. Janick (ed.). Wiley and Sons, Inc. New Jersey.
- Trotter A, Matons A. 1922. Descripció de les més importants varietats d'avellaner cultivades a Catalunya. Arxius Escola Sup. Agricultura de Barcelona. Mancomunitat de Catalunya.
- UPOV.1979. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability. Hazelnut (*Corylus avellana* L. & *Corylus maxima* Mill.) TG/71/3.
- UPOV.1999. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability. Walnut (*Juglans regia* L.) TG/125/6.
- Vargas FJ. 1989. Situación actual y perspectivas de la obtención de material vegetal en nogal, avellano y pistachero. Frut vol. IV 6: 312-321.
- Vidal-Barraquer R, Tásias J. 1976. Elección varietal y técnica de cultivo del avellano. pp 51-93. En I Congreso Internacional de almendra y avellana. Reus. Feria Oficial de Muestras Prov. Tarragona (ed.).
- Yao Q, Mehlenbacher SA. 2000. Heritability, variance components and correlation of morphological and phenological traits in hazelnut. Plant Breeding 119(5):369-381.
- Zohary D. 2002. Domestication of carob (*Ceratonía siliqua* L.) Israel J. Plant Sci.50:141-145.

**Tabla 7.** Características agronómicas y comerciales de las principales variedades locales de algarrobo conservadas en el IRTA.

Cultivar	Sexo <sup>y</sup>	Tamaño fruto <sup>z</sup>	Porte	Precocidad	Resistencia de la caña de fruto	Susceptibilidad a <i>Oidium</i>	Forma fruto <sup>y</sup>	Contenido en pulpa <sup>x</sup>	Rendimiento en garrofin (%) <sup>v</sup>	Contenido en endosperma (%) <sup>t</sup>
'Banya de Cabra'	F	largo	semi-erecto	tardía	media	media-baja	T	bajo	12-16	54.3
'Bugadera'	F	medio	abierto	media	media	baja	R	medio	15-17	51.4
'Duraíó'	F	medio	abierto	precoz	media	media-baja	R	bajo-medio	15-17	58.0
'Matalafera'	F	medio	abierto	media	muy baja	baja	R	medio	10-13	58.0
'Negra'	F	corto	abierto	media	alta	alta	R	alto	7-9	52.0
'Ramillete'	H	medio-largo	llorón	muy precoz	muy alta	media-alta	C	alto	8-10	50.6
'Rojal'	F	largo	erecto	precoz	baja	baja	R-C	medio	10-11	56.2
'Sayalonga'	F	largo	abierto	tardía	alta	baja	R	medio	14-17	56.0

<sup>y</sup>F: femenino, H: hermafrodita; <sup>z</sup>Longitud media de la algarroba alrededor de 15 cm; <sup>v</sup>R: recta; C: curvada; T: torcida; <sup>x</sup>Peso seco de la algarroba;

<sup>v</sup>Media del rendimiento = 10%; <sup>t</sup>% de peso seco del garrofin

## 17. Castaño

---

### **M. Ángela Martín<sup>1\*</sup>, Luis M. Martín<sup>2</sup>, Ana M. Ramos-Cabrer<sup>3</sup> y Santiago Pereira-Lorenzo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Forestal y del Medio Natural. Centro Universitario de Plasencia, Universidad de Extremadura, 10600, Plasencia, España.

<sup>2</sup>Departamento de Genética, ETSIAM, Campus de Rabanales, Universidad de Córdoba, 14071, Córdoba, España.

<sup>3</sup>Departamento de Producción Vegetal, EPS, Campus de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, 27002, Lugo, España.

\*angelamartin@unex.es

#### **17.1. Introducción**

#### **17.2. De las plantas silvestres a las variedades tradicionales: domesticación y evolución**

#### **17.3. La recuperación de las variedades tradicionales en una agricultura moderna: estrategias de valorización**

#### **17.4. Utilización de las variedades locales en programas de mejora**

#### **17.5. Las colecciones de germoplasma de variedades tradicionales**

#### **17.6. Conservación in situ de variedades tradicionales**

#### **17.7. Perspectivas**

#### **17.8. Agradecimientos**

#### **17.9. Referencias**

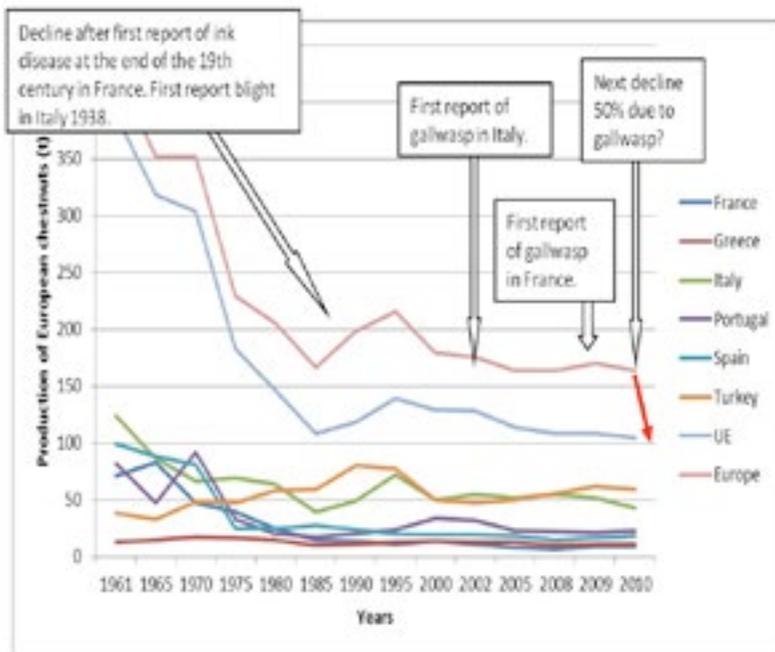
## 17.1. Introducción

El castaño (*Castanea sativa* Mill.), única especie del género *Castanea* de origen europeo, es una de las especies multipropósito de mayor importancia económica en el sur de Europa. Esta especie presenta una serie de características de interés, tanto por la obtención de fruto y madera, como por su contribución al paisaje y otros valores ambientales, que hacen que sea un buen ejemplo de la integración entre la distribución de la biodiversidad natural y la generada por el hombre. Actualmente, el área de distribución del castaño se sitúa entre los 36° y los 51° de latitud norte, abarcando una gran zona comprendida entre el Mar Caspio y el Océano Atlántico, incluyendo las islas de Azores, Canarias y Madeira. En Europa y Turquía, *C. sativa* ocupa más de 2.200.000 ha, cubriendo importantes áreas en Francia, Italia, España, Portugal, Reino Unido y Grecia (Conedera et al., 2004a). En España, el castañar es una formación vegetal de considerable importancia ecológica, cultural y económica. Es un elemento cultural de muchas comarcas, conformador de paisajes de gran valor, enriquecedor de la biodiversidad y atractivo del turismo rural. Su superficie ocupa aproximadamente 213.000 ha, y las principales extensiones se localizan en el noroeste del país; en las regiones de Galicia, Asturias y Castilla-León, seguidas por Extremadura y Andalucía.

Sin embargo, en las últimas décadas se ha producido una reducción de la superficie ocupada por la especie y un empobrecimiento de su acervo genético, no solamente en España, sino en muchos países europeos. La gestión del castaño y la decadencia de su cultivo han estado asociados estrechamente, entre otros factores, a un empeoramiento general de su estado sanitario debido a dos enfermedades de origen exótico, la 'tinta' y el 'chancro', generadas por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi* Rands y el ascomiceto *Cryphonectria parasitica* (Murril) ME Barr (= *Endothia parasitica*), respectivamente (Vieitez et al., 1996; Mansilla et al., 2000). Recientemente, la introducción del himenóptero endémico de China, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, cuyas larvas forman agallas que destruyen las yemas y limitan la producción de fruto, ha agravado el problema, ya que se ha estimado que puede llegar a reducir la producción entre un 50 y un 80%. Así, la producción europea se ha visto reducida en un 38% en 50 años (Guérin et al., 2012, Figura 1). A pesar de los estudios existentes, el panorama varietal es todavía confuso, y muchas variedades tradicionales autóctonas son sustituidas por otras nuevas, supuestamente mejor aceptadas en el mercado, sin que éstas hayan sido, en muchos casos, evaluadas ni caracterizadas previamente.

En España existen dos tendencias diferentes en el aprovechamiento del castaño. Por un lado, se busca obtener nuevos genotipos que puedan contrarrestar las principales amenazas que afectan a la especie, como el estrés hídrico o el ataque de patógenos. En este último caso, se emplea material resistente a la tinta, que es la principal amenaza de la especie en la Península Ibérica, con clones procedentes de la hibridación de *C. sativa* x *C. crenata*, que presentan las mejores características para estos requerimientos. La otra tendencia, se

centra en la situación de castañares en sistemas agroforestales tradicionales, en los que predominan árboles de elevada edad, cuyo valor productivo y valor medioambiental van unidos. En este caso, lo adecuado es desarrollar acciones que permitan la supervivencia de estos agroecosistemas. Por último, las limitadas inversiones en investigación en el castaño, tanto a nivel nacional como europeo, han relegado la especie europea a un cuarto lugar tras USA, Japón y China, tanto en aspectos de la genómica como en la mejora genética y conservación de los recursos genéticos. Estas limitaciones son especialmente patentes en el caso de España, dada su elevada diversidad genética en cuanto a poblaciones, cultivares, híbridos y patrimonio cultural, material e inmaterial, del castaño.



**Figura 1.** Variación de la producción europea de castaña y su relación con la aparición de plagas y enfermedades (FAO, 2010; Guérin et al., 2012).

En este contexto, en el presente capítulo se analiza el proceso que ha dado lugar a la actual diversidad genética del castaño, los riesgos de erosión genética a que están sometidas las variedades tradicionales, su papel en la producción actual y en la mejora genética, y las estrategias para su conservación *in situ* e *in situ*.

## 17.2. De las plantas silvestres a las variedades tradicionales: domesticación y evolución

La presencia del castaño en Europa remonta a la era Mesozoica. Posiblemente, se originó hace 65 millones de años, durante el Paleoceno (Camus, 1929). Diferentes estudios palinológicos inducen a considerar a esta especie como acompañante habitual de los robledales ibéricos desde el Terciario, lo que parece confirmar su carácter autóctono en la Península Ibérica y el papel de ésta como territorio refugio a lo largo de la última glaciación (Gómez et al., 2002). Un estudio reciente, realizado con marcadores moleculares en poblaciones de *C. sativa* procedentes de toda Europa, ha mostrado una elevada divergencia genética entre las poblaciones del este (Grecia y Turquía) y del oeste (Italia y España). Dicho estudio concluye que los castaños de Europa Occidental tienen una fuerte correspondencia geográfica con los refugios glaciales y descarta la migración del castaño de Turquía y Grecia a Italia y España. Además, la gran semejanza genética observada en Italia y España podría haberse originado a partir de refugios comunes (Mattioni et al., 2013).

La domesticación del castaño ha estado condicionada por su carácter multipropósito y sus particularidades biológicas. La primera evidencia del cultivo del castaño se remonta al tercer milenio antes de nuestra era en Europa del Este (Península de Anatolia, noreste de Grecia y sureste de Bulgaria). A partir de aquí, los griegos primero y los romanos después difundieron su cultivo hacia el oeste (Pitte, 1985; Adua, 1999; Conedera et al., 2004b). Los romanos desarrollaron distintas técnicas de injerto y establecieron selección varietal dando lugar a nuevos cultivares (Columela, 1979). Durante la Edad Media se continuó con el cultivo del castaño para la obtención de fruto en terrenos poco aptos para el cultivo de cereales, y parece ser que éste fue un período de desarrollo de importantes plantaciones (Bourgeois, 1992). Sin embargo, esta situación cambió de forma negativa en la Edad Moderna. Los motivos del progresivo abandono de la producción de fruto radican en la sustitución de la castaña por otros cultivos como la patata y el maíz procedentes de América; y el desarrollo de nuevas tecnologías que usaban la madera y el carbón. Concretamente en Asturias la reconversión del castañar de fruto a madera fue debida a la necesidad de madera para la minería. Durante el siglo XX se mantiene esta tónica, teniendo especial repercusión el abandono de tierras agrícolas durante el éxodo hacia las ciudades ocurrido durante los años 20 y 60. En Hervás (Extremadura), la reina Violante de Aragón donó el monte castañar "Gallego" al concejo en 1277 para asegurar el éxito de la repoblación. El monte proveía madera para construcción y leña, castañas para alimentación y follaje para el ganado (Marciano de Hervás, 1986). Las referencias más antiguas a los nombres de cultivares de castaño aparecen entre 1746 y 1775, recogidas por el Padre Fray Martín Sarmiento en su viaje a Galicia desde la Meseta (Pensado, 1986), apuntando los nombres utilizados para diferentes cultivos, entre ellos los utilizados para el castaño: Castaño tarabelado, Rapado (buena madera), Sergude, Rial, Ymmortao (mejor madera), Portalés, Engertiño, Aldrexendos, Castaño bermello, Castaño

branco, Picons y Picós, y Bolercas. El primer trabajo de referencia del castaño en Galicia recogía los cultivares Tarabelao de Chantada, Inxerta de Manzaneda, Bermella de Parada do Sil y Picona de Samos (Fernández-López y Pereira-Lorenzo, 1993).

La versatilidad de bienes directos que ofrece el aprovechamiento del castaño, ha llevado a que, durante muchos siglos, el hombre haya actuado sobre las poblaciones de castaño mediante su propagación y manejo, dando lugar a una estructura poblacional muy alejada de la que correspondería a una situación puramente natural. Así, los diferentes aprovechamientos de la especie han hecho que su estructura genética sea compleja. Pueden distinguirse:

**Castañares de naturaleza sexual.** Son poblaciones de castaño procedentes de semilla (brinzales), en las que cada árbol tiene su propio genotipo y que pueden tener diversos usos, aunque en la actualidad, muchas de estas masas presentan un valor fundamentalmente medioambiental;

**Tallares.** Son castañares destinados a la producción de madera. En este caso, los pies centrales, aunque proceden de semilla, se regeneran mediante brotes de cepa (chirpiales). En todo caso, la formación resultante de cada cepa tiene un único genotipo.

**Castañares injertados.** Son los destinados a la producción de fruto. Se trata de poblaciones de árboles que proceden de semilla sobre los que se injertan variedades clonales.

En el primer tipo citado, la domesticación ha seguido los patrones clásicos de una especie forestal. Su reproducción sexual y su expansión debida a la acción humana, ha propiciado la generación de razas locales en la medida que esa expansión ha ido ocupando nuevos territorios con sus propias características ecológicas. Consecuentemente, el análisis de la diversidad genética de la especie se haría en términos de regiones de procedencias geográficas, con todo lo que dicho concepto implica (Tovar y Vega, 1988). Esto es, cuando su área de distribución se fue expandiendo ocupó nuevas regiones, cada una de ellas con características ecológicas específicas. Lo esperable según este proceso es que en cada una de las regiones, las poblaciones sean genéticamente homogéneas, y que existan diferencias genéticas entre regiones, consecuencia de la evolución adaptativa diferencial que tuvo lugar en cada una de ellas. Un aspecto que ha podido ser clave en esta evolución es la elevada longevidad que desarrollan algunos ejemplares. Así, los individuos más adaptados al manejo perviven durante centenares de años, contribuyendo de manera diferencial a la reproducción a través de sus frutos y de su polen.

Por su parte, en las masas dedicadas a la producción de fruto se establece una dinámica adaptativa muy diferente. En este caso, árboles procedentes de reproducción sexual son injertados con púas procedentes de árboles productores de frutos de buenas características. Este sistema de manejo, característico de muchas especies frutales, se ve aquí reforzado,

dadas las dificultades de enraizamiento que presenta esta especie. Así, en las zonas tradicionales de producción de fruto, la población original de patrones tendría la característica señalada anteriormente, perteneciendo a una determinada región de procedencia, normalmente aquella donde se establece la zona de producción. Sin embargo, para obtener una buena producción de fruto, como anteriormente se ha señalado, desde la época de los romanos se recurre al injerto. Esto es, cuando se identifica un individuo con frutos de buenas características, se utiliza como fuente de material vegetativo (púas) que son injertadas sobre los árboles procedentes de semilla. Estas púas pueden provenir de un árbol de la zona, o pueden tener un origen exótico. Lo habitual de las regiones productoras de fruto es la convivencia de diferentes variedades de fruto, bien sea por la demanda de frutos de diferentes características, por la sucesiva llegada de las variedades, y/o porque la autoincompatibilidad de la especie y limitada dispersión de polen exige la coexistencia de las mismas.

Según se ha podido comprobar, el sistema de reposición de árboles en determinadas zonas se basa en aprovechar el regenerado natural, esto es, plántulas que nacen a partir de castañas que han quedado en el suelo. Estas plántulas son trasplantadas con su cepellón al punto donde se desea tener un nuevo castaño. Por lo anteriormente señalado, lo esperable es que los nuevos árboles sean el resultado de un cruzamiento entre dos de las variedades empleadas en la zona. No obstante, dada la elevada heterocigosidad de esta especie, el nuevo individuo, a pesar de proceder del cruzamiento entre dos genotipos previamente seleccionados por sus buenas características de fruto, puede dar lugar a frutos con características muy variables: desde frutos de mala calidad hasta frutos cuya calidad supera a ambos progenitores. Por otra parte, y aunque en algunos textos clásicos se señala que el castaño tiene un prolongado periodo de juvenilidad (Vieitez et al., 1996), se ha podido comprobar que en condiciones del sur de la península Ibérica puede ser de sólo 4 o 5 años (Martín et al., 2009). Esto hace que el agricultor tradicional, que habitualmente domina las técnicas del injerto, espere a conocer las características del nuevo individuo antes de proceder a su injertado (si es que sus propios frutos no muestran buenas características), los deje como árboles de pie franco, habitualmente conocidos como “bravíos” (si sus características son razonadamente buenas), o los utilice como fuente de púas para nuevos injertos (si sus características son excepcionales), generando así una nueva variedad.

Todo este proceso implica que la dinámica generada en un castañar de fruto hace que su evolución sea muy diferente a un castañar dedicado a la producción de madera, siendo, además, mucho más elevada la tasa de evolución. El estudio modelo de un castañar tradicional en el Parque Natural Sierra Norte, en la provincia de Sevilla, ha permitido constatar que: 1) la práctica del injerto está generalizada; 2) los patrones atesoran una considerable diversidad genética; 3) la parte aérea es genéticamente variable, estando constituida por una mezcla de clones; y 4) existe una elevada divergencia genética entre los patrones y los genotipos empleados para injertar (Monedero, 2015).

### **17.3. La recuperación de las variedades tradicionales en una agricultura moderna: estrategias de valorización.**

Tanto la agricultura como la gestión actual se caracterizan por la puesta en valor de aspectos que van más allá de eficacia en la producción, integrando todas las externalidades que se producen. Una de las externalidades que cobra mayor relevancia es la contribución de los sistemas productivos al mantenimiento de la biodiversidad, y dentro de esta biodiversidad, la diversidad genética de las especies manejadas por los humanos. Sin embargo, en los últimos 60 años se ha producido el desarrollo de la agricultura tecnificada, en el que la mejora genética vegetal ha tenido un papel muy importante, que ha supuesto un gran avance tecnológico, pero a costa de una drástica reducción en la biodiversidad manejada (Esquinas-Alcázar, 2005; Martín y Martín, 2011; Cubero, 2013). Ante esta situación se ha generado un nuevo paradigma en la gestión que el ser humano hace de los recursos naturales: la sostenibilidad. Un aspecto crucial de esta sostenibilidad es el mantenimiento de la biodiversidad, en general, y de los recursos genéticos, en particular.

Las variedades tradicionales ocupan un nicho ecológico, cultural y socioeconómico que no ocupan las variedades modernas (Tripp, 1996; Shand, 1997; Brush y Meng, 1998; Thrupp, 2000). Se ha hecho un gran esfuerzo para la conservación *ex situ* de los recursos genéticos en bancos de germoplasma, o en colecciones clonales, como en el caso del castaño, pero más allá de esa posibilidad tecnológica, la Humanidad ha tomado consciencia de los aspectos ecológicos, económicos y sociales del problema. Por ello existen iniciativas internacionales que están llevando a cabo la revalorización y preservación de la diversidad genética presente en las variedades tradicionales, a través de la conservación *in situ* de los recursos genéticos (FAO, 2001; Esquinas-Alcázar, 2005). La conservación *in situ* incluye el mantenimiento de los sistemas tradicionales, de manera que, además de la conservación de su diversidad, mantengan los procesos evolutivos (conservación dinámica), e integren a los agricultores (Maxted et al. 1997). Conservación *ex situ* e *in situ* no son alternativas, sino actividades complementarias imprescindibles para alcanzar la sostenibilidad global (Hammer, 2003).

Esta situación ha dado lugar a iniciativas, en el ámbito europeo, que fomentan los distintos aspectos implicados en la salvaguarda de los recursos genéticos, como la posibilidad de efectuar pagos agroambientales asociados a la conservación *in situ*, o el desarrollo de Directivas Europeas de Variedades de Conservación que favorecen el uso de variedades tradicionales. En cualquier caso, existen impulsos populares, más allá de la actuación de la Administración, que también pueden ayudar a la salvaguarda de agroecosistemas tradicionales. Así pueden citarse:

- Inicialmente, los solicitantes de recursos genéticos conservados en bancos de germoplasma eran fundamentalmente mejoradores que buscaban la diversidad genética necesaria para obtener genotipos más adaptados a las modernas necesidades de los sistemas productivos, pero, cada vez más, las comunidades de agricultores solicitan recursos genéticos tradicionales para los sistemas de producción alternativos, que tienen una creciente demanda en la agricultura ecológica. La Red Andaluza de Semillas, entre cuyos objetivos se encuentra el fomento de la conservación *in situ* de las variedades locales, constituye un buen ejemplo de la fuerza que estas asociaciones pueden llegar a tener.

- En la defensa e impulso de los sistemas productivos tradicionales cobran particular importancia las asociaciones constituidas por los distintos operadores implicados en la producción y comercialización. Es habitual que en las distintas comarcas o regiones castañeras se constituya la Mesa del Castaño, o asociaciones similares, que velen por la buena marcha del sector. Estas asociaciones pueden jugar un aspecto fundamental en la transferencia a la sociedad de la información que la investigación científica vaya generando sobre la contribución de los castañares a los valores medioambientales y paisajísticos, en general, y sobre las variedades propias de cada comarca, en particular.

- Slow Food es un movimiento internacional, difundido en España, que pone en valor el consumo de productos obtenidos en forma tradicional y sostenible, y que ha mostrado interés en estas cuestiones, en particular, por la existencia de variedades tradicionales que ayuden a la tipificación de productos. En nuestro caso, hemos colaborado con Slow Food para el establecimiento de fichas varietales de castaño en Andalucía. Teniendo en cuenta los sistemas productivos existentes en las dos principales zonas castañeras de Andalucía, Sierra de Aracena y Picos de Aroche, en la provincia de Huelva y el Valle del Genal, en la provincia de Málaga, en que los castañares están constituidos por árboles injertados con diferentes variedades autóctonas que se recogen y comercializan de forma conjunta, se ha desarrollado una ficha por cada una de estas comarcas, que están siendo incorporadas al catálogo de productos tradicionales desarrollados por esta Institución.

- Esta misma idea se desarrolla también a nivel local, en forma de ferias para la promoción de productos tradicionales. En el caso del castaño, ha sido frecuente la celebración de ferias específicas en diferentes comarcas españolas en las que se promociona el consumo de productos tradicionales, en fresco o transformado en los magostos.

- Las figuras administrativas como Denominaciones de Origen o Indicación Geográfica Protegida (IGP) constituyen sistemas para la puesta en valor de variedades tradicionales, bien sea porque el producto deba pertenecer a una de estas variedades (tal es el caso de muchos vinos o aceites monovarietales), o a una mezcla de variedades tradicionales, como se requiere en el aceite de la Denominación de Origen de Zuheros. En España, en el caso del castaño sólo Galicia cuenta con la IGP "Castañas de Galicia" (Official Journal of the Euro-

pean Union 26.9.2009. No CE: ES-PGI-0005-0609-21.06.2007), pero es frecuente observar en los envases de castañas que se comercializan, la referencia a su origen, debido a que los consumidores otorgan un elevado valor a estos productos típicos, a los que consideran de calidad superior (Negri, 2003).

Pero es que, incluso, algunas de las propuestas anteriormente citadas para poner en valor las variedades tradicionales, pueden tener efectos indeseables sobre la diversidad genética, sobre todo, en un contexto donde los fondos disponibles para la investigación son escasos. En Galicia, la IGP anteriormente mencionada, favorece las variedades de mayor tamaño de fruto, lo que, muy probablemente, va a incidir en una restricción varietal, ya que las nuevas plantaciones o procesos de injerto se centren en genotipos que produzcan frutos de elevado tamaño (en España solamente el 7% de las accesiones muestreadas produjeron frutos de más de 15g de media, principalmente en Andalucía y Galicia). Por otra parte, el precio estipulado para los frutos de algunos cultivares es más elevado, como para Famosa (20%), Negral (15%), Longal (10%), Garrida (10%) y Parede (5%) (Pereira-Lorenzo et al., 2009). Estos cultivares suponen una pequeña parte de los 82 recogidos en la IGP, por lo que es previsible que se vaya reduciendo el número de cultivares utilizados por los agricultores.

#### **17.4. Utilización de las variedades locales en programas de mejora**

Un aspecto crucial en los programas de mejora efectuados en España ha sido la lucha contra enfermedades exóticas, como se ha mencionado en la introducción. La primera forma de abordar el problema fue la introducción de las especies asiáticas *Castanea crenata* Siebold and Zucc. and *Castanea mollissima* Blume, resistentes a la tinta, entre 1917 y 1940, con las que se realizaron las primeras plantaciones en el País Vasco y Andalucía, pero que fueron rechazadas por los agricultores debido a su escasa calidad maderera y frutal (Elorrieta, 1949; Gallastegui, 1926; Urquijo 1944, 1957; Pereira-Lorenzo et al., 2012). Esta falta de calidad, conllevó la realización de las primeras hibridaciones a partir de 1926, tratando de aunar la resistencia de las especies asiáticas con la calidad de la especie europea. Estos híbridos, de los que España tiene una de las colecciones más amplia y diversa (Pereira-Lorenzo et al., 2010), son utilizados para plantaciones forestales y frutales, bien como productores directos, o bien como patrones de las variedades del país (Pereira-Lorenzo y Fernández-López, 1997; Pereira-Lorenzo et al., 2012).

La hibridación con especies foráneas también ha sido y es el método de mejora genética empleado en USA para la introducción de resistencia al cancro del castaño en la especie americana *C. dentata*, utilizando la especie china como donadora (Pereira-Lorenzo et al., en prensa). Además, el mapeo de progenies obtenidas por hibridación utilizando la especie europea como base ha permitido generar mapas genéticos de caracteres fenotípicos relevantes, en Francia (INRA-Burdeos) y Portugal (INIAV) para el estudio de la resistencia a la tinta (*Phytophthora*) y el cancro (*Cryphonectria*), y en Italia (DISAFA, Universidad de Turín)

para el estudio de la resistencia a la avispa del castaño (*D. kuriphilus*) cruzando el híbrido resistente 'Bouche de Bétizac' con el cv. 'Madonna'. Estos recursos genéticos y metodologías serán fundamentales para la mejora genética del castaño en España.

El programa de mejora japonés de castaño puede ilustrar la relevancia de los recursos genéticos autóctonos en los programas de mejora genética. Los cultivares de especie japonesa *C. crenata* producen castañas con una elevada dificultad para su pelado. El programa de mejora genética japonés se basó en la hibridación con cultivares de castaño chino (*C. mollissima*) que presentan facilidad de pelado, pero presentaban limitaciones de adaptación edafoclimática y peor calidad de fruto (Pereira-Lorenzo et al., en prensa). Recientemente, se ha obtenido un nuevo cultivar híbrido intraespecífico japonés, 'Porotan' que presenta el carácter agronómico fácil de pelar controlado por un gen simple recesivo (P/p).

El principal carácter agronómico que fue fijado en el castaño europeo relacionado con la calidad del fruto fue la ausencia de tabicación, es decir, una selección a favor de los genotipos que presentaban ausencia o bajo porcentaje de frutos poliembrionicos. Estos cultivares fueron denominados tipo "marroni" en la Italia medieval. Esta selección estaba relacionada con la necesidad de pelar el fruto para el consumo, además de las numerosas variantes de preparación culinaria, una de las más conocidas denominada "marron glacé". Bergougnoux et al., (1978) clarificaron el término "marron" y ahora se acepta internacionalmente que debería utilizarse para aquellos cultivares que producen menos del 12% de los frutos poliembrionicos, denominando tipo castaña a los que superan dicho porcentaje. En España no se ha utilizado el término "marron" para denominar cultivares, lo cual puede estar relacionado con que solamente un 12% de las 701 accesiones evaluadas de 168 denominaciones de cultivares españoles presentaron más del 12% de tabicación (Pereira-Lorenzo et al., 2006).

Otros caracteres de interés por su relación con la calidad percibida del castaño, y para los que se ha encontrado un alto nivel de diversidad en las variedades tradicionales españolas son, entre otros, el tamaño del fruto, la facilidad de pelado, el contenido en azúcares y almidón y el color rojizo. Estos y otros caracteres, como la precocidad de la producción, han sido analizados en varios estudios efectuados en España, que han incluido unas 400 accesiones (Pereira-Lorenzo et al., 1996, 2006; Ramos-Cabrer y Pereira-Lorenzo, 2005). Un carácter que resulta mucho más frecuente en las variedades de castaño que en las poblaciones de reproducción sexual es la floración de tipo astaminado (Martin, 2009, Mateos, 2015). Breviglieri (1951) relacionó esta característica con un mayor tamaño del fruto, al consumir menor energía en la producción de polen, y que es una característica de muchos de los cultivares denominados "marroni" en Italia. Algunos de los cultivares estudiados como 'Parede' y 'Garrida', presentan también aptitudes madereras por la rectitud del fuste (Pereira-Lorenzo et al., 2004), lo que permite establecer parcelas de doble aptitud y ser utilizadas en programas de mejora que incluyan ambos objetivos.

Los cultivares de castaño españoles también presentan diversidad en caracteres adaptativos, de tal manera que las progenies de los cultivares del norte respecto a los del centro y sur de la Península Ibérica, mostraron una respuesta distinta ante el estrés hídrico bajo condiciones controladas, de tal manera que las procedentes de las zonas cálidas del centro y del sur crecieron menos bajo restricción hídrica (Ciordia-Ara et al., 2012). Esta respuesta distintiva se correspondió con la estructura genética detectada en cultivares de castaño entre el norte y el centro-sur peninsular (Pereira-Lorenzo et al., 2011), así como en poblaciones naturales (Martín et al., 2012).

## **17.5. Las colecciones de germoplasma de variedades tradicionales**

Actualmente, existen dos colecciones de cultivares tradicionales de castaño, localizadas en Galicia y Asturias (Serida, Principado de Asturias). La colección gallega fue establecida en los años 90 (CIFL, Xunta de Galicia) y recogía los 82 cultivares locales identificados y catalogados en la comunidad gallega (Pereira-Lorenzo et al., 1996, Pereira-Lorenzo y Fernández-López, 1997), cultivares que son la base de la IGP castaña de Galicia. Posteriormente, y a raíz de los estudios en Asturias, se procedió a la recolección de los 37 cultivares localizados y caracterizados (Díaz-Hernández et al., 2009).

En el proyecto del Plan Nacional de I+D+i AGL2013-48017-C2-1-R, uno de los objetivos es el establecimiento de una Core Collection a nivel nacional, para lo cual se están evaluando los cultivares estudiados en proyectos anteriores (Martín et al., 2007; 2009; Pereira-Lorenzo et al., 2006, 2010, 2011) con 24 SSRs. Este material se pretende que incluya la máxima variabilidad genética de la Península Ibérica en cuanto a cultivares de castaño (*C. sativa*), con un uso potencial en programas de mejora genética y en estudios de genómica.

## **17.6. Conservación *in situ* de variedades tradicionales**

El mantenimiento de los recursos genéticos vegetales *in situ* requiere la identificación de lugares y sistemas agroforestales que mantienen elevados niveles de diversidad genética. En el caso del castaño, las variedades tradicionales se han clasificado de acuerdo a su origen geográfico, período de maduración o tipo de uso del fruto, lo que ha hecho su estudio muy difícil (Fineschi, 1998), ya que debe incluir la catalogación de las denominaciones varietales, y el análisis de la naturaleza clonal, policloclonal o de mezcla de clones correspondiente a dichas denominaciones. La ausencia de referencias estándar a la hora de clasificar este tipo de material hace que exista confusión con el nombre de las variedades y se han detectado numerosos casos de homonimias y sinonimias (Bounous, 2002; Gobbin et al., 2007). Recientemente, los marcadores microsatélites (SSRs) con su particular estructura, se han convertido en el marcador más empleado en estudios de identificación varietal, que junto con los caracteres morfológicos y fenológicos ha mejorado la identificación de las variedades (Botta et al., 1999; Goulão et al., 2001; Martín et al., 2009). Estos estudios pueden complementarse

con los de caracterización, empleando caracteres cuali y cuantitativos y que pueden ser procesados empleando procedimientos de taxonomía numérica (Pereira-Lorenzo et al., 1996, 2006; Ramos-Cabrer y Pereira-Lorenzo, 2005).

El germoplasma de *C. sativa* es rico en excelentes variedades tradicionales cultivadas en las principales áreas de distribución de la especie en Europa, donde un alto número de cultivares son seleccionados por sus características específicas de calidad y uso (castañas en fresco, asadas, secas, para dulces, harina, etc.). Un ejemplo de este gran germoplasma son las más de 700 variedades descritos en Francia, más de 100 en España, Italia y Suiza (Bounous, 2002). Galicia presenta la mayor superficie ocupada por castañares para la producción de fruto, hallándose repartida en las cuatro provincias gallegas, y representa más del 50% de la producción nacional. Debido a su importancia, desde 1978 se han llevado a cabo estudios para identificar y catalogar las variedades locales. Fernández-López y Pereira-Lorenzo (1993) realizaron un inventario en toda el área de distribución de la especie en la región y catalogaron 143 denominaciones varietales. Diferentes estudios realizados con marcadores morfológicos y diferentes marcadores moleculares han puesto de manifiesto la existencia de al menos 80 cultivares y 33 variedades clonales (Pereira-Lorenzo et al., 2010). Además, un estudio más amplio en el que se comparó este material con el del resto de España, mostró dos orígenes de variabilidad, uno en el Norte y otro en el Centro de la Península Ibérica (Pereira-Lorenzo et al., 2010). En ambos se detectó una sub-estructura, con un total de 10 poblaciones reconstruidas (Pereira-Lorenzo et al., 2011), 4 correspondientes al Norte y 6 al Centro. Cada población reconstruida mostró un cultivar relevante (ampliamente propagado por injerto), del cual fueron seleccionados otros a partir de sus descendientes o mutaciones.

En Andalucía, las dos zonas productoras y comercializadoras de fruto son la Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva) y la Serranía de Ronda (Málaga). En ambas zonas se han identificado 38 variedades tradicionales, 12 en Huelva y 26 en Málaga, mediante el empleo de caracteres cualitativos de fruto, hoja e inflorescencia y marcadores microsatélites (SSRs) (Martín et al., 2009). Este estudio ha permitido detectar 4 casos distintos de sinonimias (variedades con distinto nombre que resultaron ser la misma) y 2 de homonimias (variedades con el mismo nombre que resultaron ser distintas), así como un caso de variedad exótica que resultó ser un híbrido interespecífico. Además, se ha constatado la existencia de variedades, representadas por pocos individuos, que se encuentran en peligro de desaparición y que suponen una importante de la diversidad genética de la especie en Andalucía (Martín et al., 2007; Martín et al., 2009). No obstante, este número podría verse aumentado conforme se siguen realizando estudios de identificación varietal, no sólo en las dos zonas mencionadas, sino en otras provincias de Andalucía con menor importancia en la producción de castaña. En este sentido, merece la pena destacar la comarca de Constantina (Sevilla), en la que aunque los tallares para madera son el principal aprovechamiento de la especie en la zona, también se han detectado hasta nueve posibles variedades tradicionales, distintas a las descritas en Málaga y Huelva (Monedero, 2015).

En Extremadura el conocimiento sobre el panorama varietal es bastante confuso, ya que, no existen hasta el momento ningún antecedente de evaluación de este material. Sólo a nivel nacional, se tiene constancia de algunos trabajos científicos sobre la especie, que incluyen dentro del material evaluado algunas denominaciones varietales de este origen (Ramos-Cabrer et al., 2003; Pereira-Lorenzo et al., 2010). En la actualidad se han iniciado expediciones de recopilación de denominaciones varietales y localización de árboles que respondan a las mismas, principalmente de las zonas del El Jerte y Villuercas, donde este cultivo tiene una mayor importancia. También se han catalogado castaños sin injertar, conocidos como “reboldanos”, muy apreciados por las características de su fruto, según la información aportada por los agricultores. Hasta el momento se han recogido 35 denominaciones varietales diferentes procedentes de las siguientes localizaciones : Valle del Jerte (*De Pablo, Del País, Variedad Antigua del Torno I, Variedad Antigua del Torno II, Injerta Roja, Injerta del Tío Sabino, San Migueleña, Injerta Antigua de Garganta, y Del Rey*); Villuercas (*Verata, Injerta Temprana, Injerta de Navavillar (Tipo I a Tipo VI), Gorda, Injerta Gorda, Injerta Tardía, Injertilla, Malagueña, Injerto, Injerta de Navezuelas, y De Huelva*); Valencia de Alcántara (*Injerta Antigua, Injerta Antigua de San Pedro, Injerta Gorda, Varias o Temprana, Varias o Pequeña, Variedad Antigua de Valencia de Alcántara, e Injerta Antigua de San Pedro*); La Vera (*Injerta Antigua, Super, Roja Casareña, Ciolo, Mestizo, Militona, y De Pablo*); Hervás (*Injerto y Calvotero*).

También se han efectuado trabajos de catalogación de variedades de castaño en otras regiones de España, como Asturias (Díaz-Hernández et al., 2009), Canarias (Pereira-Lorenzo et al., 2011), y el Bierzo (Ramos-Cabrer et al., 2003; Quintana et al., 2015).

En todos los casos descritos se ha demostrado que la actual producción de fruto se basa en un alto número de variedades autóctonas, siendo las principales: Longal, Famosa, Pilonga, Comisaria, Planta Alájar, Helechal y Verata.

## 17.7. Perspectivas

De todo lo anteriormente expuesto, se deduce que los castañares tradicionales españoles atesoran un alto grado de variabilidad genética, pero que esta variabilidad se encuentra seriamente amenazada, por lo que es urgente que se tomen medidas para su salvaguarda. Estas medidas deben atender a los siguientes aspectos:

- Continuar los estudios de identificación y caracterización de las variedades tradicionales, así como, de las masas de reproducción sexual. A partir de tales estudios, se debería ampliar las colecciones de germoplasma actualmente existentes y establecer nuevas colecciones para asegurar una conservación *ex situ* representativa de tales variedades, y catalogar los castañares que soportan altos grados de diversidad genética, para propiciar su conservación *in situ*.

- Fomentar todas las acciones que permitan el mantenimiento y mejora de los agroecosistemas en que se encuentra el castaño, atendiendo tanto a la diversidad genética del castaño, como a la viabilidad económica y social de tales agroecosistemas.

## 17.8. Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en el marco de los Proyectos de Investigación del Plan Nacional de I+D+i AGL2013-48017-C2-1-R y AGL2014-53822-C2-1-R. M.A. Martín agradece la financiación a la Secretaría General de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Consejería de Economía e Infraestructuras de la Junta de Extremadura (España).

## 17.9. Referencias

- Adua M. 1999. The sweet chestnut throughout history from the Miocene to the third millennium. *Acta Hort.* 494: 29-36.
- Bergougnoux F, Verlhac A, Breish H, Chapa J. 1978. Le chataignier. Production et culture. INVUFLEC, Paris.
- Botta R, Akkak A, Marinoni D, Bounous G, Kampfer S, Steinkellner H, Lexer C. 1999. Evaluation of microsatellite markers for characterizing chestnut cultivars. *Acta Hort.* 494: 277-282.
- Bounous G. 2002. Il castagno. Coltura, ambiente ed utilizzazioni in Italia e nel mondo. Edagricole. Bologna.
- Bourgeois C. 1992. Le chataignier, un arbre, un bois. Institut pour le development Forestier. Paris.
- Breviglieri N. 1951. Ricerche sulla biologia florale e di fruttificazione della *Castanea sativa* e *C. crenata* nel territorio di Vallombrosa. *Pubbl. Cent. Stud. Sul Castagno* 1:15-49.
- Brush SB, Meng E. 1998. Farmer's valuation and conservation of crop genetic resources. *Genet. Res. Crop Evol.* 45: 139-150.
- Camus A. 1929. Les Châtaigniers. Encyclopédie écibinuque de sylviculture. Lechevalier. Paris.
- Ciordia M, Feito I, Pereira-Lorenzo S, Fernández A, Majada J. 2012. Adaptive Diversity In *Castanea Sativa* Mill. Half-Sib Progenies In Response To Drought Stress. *Environmental And Experimental Botany* 78:56-63.
- Columela LJM. 1979. De Res Rustica. Siglo I d.C. Los doce libros de Agricultura. Editorial Iberia, Barcelona.
- Conedera M, Manetti M-C, Giudici F, Amorini E. 2004a. Distribution and economic potential of the Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe. *Ecolog Medit* 30: 179-183.
- Conedera M, Krebs P, Tinner W, Pradella M, Torriani D. 2004. The cultivation of *Castanea sativa* Miller in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Veg Hist Archaeobot* 13: 161-179.

- Cubero JI. 2013. Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa.
- Díaz-Hernández MB, Ciordia-Ara M, Ramos-Cabrer AM, Pereira-Lorenzo S. 2009. Cultivares de Castaño (*Castanea Sativa* Mill.) de Asturias. Serida, España.
- Elorrieta J. 1949. El castaño en España. Ministerio de Agricultura. Dirección general de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid.
- Esquinas-Alcázar J. 2005. Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges. *Nature Rev. Genet.* 6: 946-953.
- FAO. 2001. International Treaty for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization. [ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/it/ITPGR.pdf].
- FAO. 2010. <http://faostat.fao.org/>
- Fernandez-López, J, Pereira-Lorenzo S. 1993. Inventario y distribución de los cultivares tradicionales de castaño (*Castanea sativa* Mill.) en Galicia. Monografías I.N.I.A, Madrid 87: 1- 271
- Fineschi S. 1988. Genetics of chestnut (*Castanea sativa* Mill.). II. Uniformity of isozyme phenotypes in grafted orchards. *Silvae Genet.* 37: 82-83.
- Gallastegui C. 1926. Técnica de la hibridación artificial del castaño. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo XXVI, pp. 88-94.
- Gobbin D, Hohl L, Conza L, Jermini M, Gessler C, Conedera M. 2007. Microsatellite-based characterization of the *Castanea sativa* cultivar heritage of southern Switzerland. *Genome* 50: 1089-1103.
- Gómez-Sanz V, Blanco-Andray A, Sánchez-Palomares O, Rubio-Sánchez A, Roselló R, Graña-Domínguez D. 2002. Autoecología de los castañares andaluces. *Inv. Agr. Sist. Rec. For.* 11:205-226.
- Goulão L, Valdivieso T, Santana C, Oliveira C. 2001. Comparison between phenetic characterisation using RAPD and ISSR markers and phenotypic data of cultivated chestnut (*Castanea sativa* Miller). *Genet. Res. Crop Evol.* 48: 329-338.
- Guérin B, Laranjo J, Vernol D, Bertoncetto E, Quinta J. 2012. Livre blanche du châtaigne, AREFLH, Burdeos. <http://www.areflh.org/>.
- Hammer K. 2003. A paradigm shift in the discipline of plant genetic resources. *Genet. Res. Crop Evol.* 50:3-10.
- Mansilla JP, Pintos C, Salinero MC. 2000. Plagas y enfermedades del castaño en Galicia. Xunta de Galicia, Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria.
- Marciano de Hervás. 1986. Algunos aspectos históricos sobre los orígenes de Hervás: siglos XII al XIV. *Rev. Hist.* 7: 1053-1093.
- Martín MA, Moral A, Martín LM, Álvarez JB. 2007. The genetic resources of European chesnut (*Castanea sativa* Miller) in Andalusia, Spain. *Genet. Res. Crop Evol.* 54: 379-387.
- Martín MA, Álvarez JB, Mattioni C, Cherubini M, Villani F, Martín LM. 2009. Identification and characterisation of traditional chestnut varieties of southern Spain using morpho-

- logical and simple sequence repeats SSR markers. *Ann. Appl. Biol.* 154: 389-398.
- Martín MA, Martín LM. 2011. Sostenibilidad de la biodiversidad agrícola y forestal. *Meridies* 17-22.
  - Martín M A, Mattioni C, Molina JR, Alvarez JB, Cherubini M, *et al.* 2012. Landscape genetic structure of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Spain. *Tree Genet. Gen.* 8: 127-136.
  - Mattioni C, Martín MA, Pollegioni P, Cherubini M, Villani F. 2013. Microsatellite markers reveal strong geographical structure in European populations of *Castanea sativa*: evidence for multiple glacial refugia. *Am. J. Bot.* 100: 951-961.
  - Maxted N, Ford-Lloyd BV, Hawkes JG. 1997. Complementary conservation strategies. pp. 15-39. In: N. Maxted, BV. Ford-Lloyd, JG. Hawkes (eds). *Plant Genetic Conservation*, London: Chapman and Hall.
  - Monedero E. 2015. Estudio de la diversidad genética de una población de castaño (*Castanea sativa* Miller) en la Sierra Norte de Sevilla. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
  - Mateos C. 2015. Análisis de la variabilidad en caracteres potencialmente relacionados con la polinización y su repercusión en la polinización del castaño (*Castanea sativa*) en la Sierra de Córdoba. Trabajo Fin de Máster en Producción, Protección y Mejora Vegetal. Universidad de Córdoba.
  - Negri V. 2003. Landraces in central Italy: Where and why they are conserved and perspectives for their on farm conservation. *Genet. Res. Crop Evol.* 50: 871-885.
  - Pensado JL. 1986. Catálogo de voces vulgares y en especial de voces gallegas de diferentes vegetales. Fray Martín Sarmiento. Ediciones Universidad Salamanca, España.
  - Pereira-Lorenzo S, Fernandez-Lopez J, Moreno-Gonzalez J. 1996. Variabilidad morfológica en cultivares de castaño (*Castanea Sativa* Mill.) en Galicia: valores descriptivos. *Rev. Inv. Ag. Prod. Prot. Veg.* 11:213-237.
  - Pereira-Lorenzo S, Fernández-López J. 1997. Description of 80 cultivars and 36 clonal selections of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) from Northwestern Spain. *Fruit. Var. J.* 51: 13-27.
  - Pereira-Lorenz S, Ramos-Cabrer AM. 2004. Chestnut, and old crop with future. Production practices and quality assessment of food crops. pp. 105-161. In: D. Ramdane S. Mohan Jain (eds.). *Kluwer Academic Publishers*.
  - Pereira-Lorenzo S, Ramos-Cabrer AM, Díaz-Hernández MB, Ciordia-Ara M, Ríos-Mesa D. 2006. Chemical Composition of chestnut cultivars from Spain. *Sci. Hort.* 107: 306-314.
  - Pereira-Lorenzo S, Díaz-Hernández MB, Ramos-Cabrer AM. 2009. Spain. pp.143-148. In: *Following Chestnut Footprints (Castanea Sativa M.)*. Damiano, G. Bounous (eds.). *Scripta Horticulturae* N° 9. International Society for the Horticultural Science.
  - Pereira-Lorenzo S, Lourenço Costa RM, Ramos-Cabrer AM, Marques Ribeiro CA, Serra-Da Silva MF, Manzano G, Barreneche T. 2010. Variation in grafted European chestnut and hybrids by microsatellites reveals two main origins in the Iberian Peninsula. *Tree Genet. Genom.* 6: 701-715.

- Pereira-Lorenzo S, Lourenço Costa RM, Ramos-Cabrer AM, Ciordia-Ara M, Ribeiro CA, Borges O, Barreneche T. 2011. Chestnut cultivar diversification process in the Iberian Peninsula, Canary Islands and Azores. *Genome* 54: 301-315.
- Pereira-Lorenzo S, Ballester A, Corredoira E, Vieitez AM, Agnanostakis S, Costa R, Bounous G, Botta R, Beccaro GL, Kubisiak TL, Conedera M, Krebs P, Yamamoto T, Sawamura Y, Takada N, Gómes-Laranjo J, Ramos-Cabrer AM. 2012. Chestnut Breeding. pp. 729-770. In: *Fruit breeding*. M.L. Badenes, D. Byrne (eds.). Springer Series "Handbook of Plant Breeding".
- Pereira-Lorenzo S, Costa R, Anagnostakis S, Serdar U, Yamamoto T, Saito T S, A.M. Ramos-Cabrer, Q. Ling, T. Barreneche, C. Robin, R. Botta, C. Contessa, M. Conedera, L.M. Martín, M.A. Martín, J. Laranjo, F. Villani, J.E. Carlson In Press. Interspecific hybridization of chestnut. In: *Polyploidy and Interspecific Hybridization*. In: *Crop Improvement AS*. Mason. Science Publishers, CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Pitte JR. 1985. *Terres de Castanide. Hommes et paysages du châtaignier de l'Antiquité á nos jours*. Fayard. Paris.
- Quintana J, Contrera A, Merino I, Vinuesa A, Orozco G, Ovalle F, Gómez L. 2015. Genetic characterization of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) orchards and traditional nut varieties in el Bierzo, a glacial refuge and major cultivation site in northwestern Spain. *Tree Genet. Gen.* 11: 826.
- Ramos-Cabrer AM, Pereira-Taboada A, Pereira-Lorenzo S. 2003. Características Morfológicas e isoenzimáticas de los principales cultivares de castaño *Castanea Sativa* Mill. del Bierzo (Castilla y León) y Guadalupe (Extremadura). *Monografías INIA: Agrícola* 14: 1-103.
- Shand H. 1997. *Human Nature: Agricultural Biodiversity and Farm-based Food Security*. Ottawa, Canada: RAFl. *Bol. Veg. Ent. Agr.* XIII: 447-462.
- Thrupp LA. 1998. *Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Toval G, Vega G. 1988. Ensayos de procedencias. pp 60-71. En: JA. Pardos (ed.). *Mejora genética de especies arbóreas forestales*. FUCOVASA, Madrid, España.
- Tripp R. 1996. Biodiversity and modern crop varieties: sharpening the debate. *Agr. Hum. Val.* 13: 48-63.
- Urquijo P. 1957. La regeneración del castaño. *Bol. Pat. Veg. Ent. Agr.* XXII: 217-232.
- Urquijo P. 1944. Aspectos de la obtención de híbridos resistentes a la enfermedad del castaño. *Bol. Veg. Ent. Agr.* XIII: 447-462.
- Vieitez E, Vieitez M.L, Vieitez F.J. 1996. *El Castaño*. Ed. Edileasa, León.

# 18. Higuera

---

## **Margarita López-Corrales<sup>1\*</sup>, Fernando Pérez-Gragera<sup>1</sup> y Francisco Balas-Torres<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX)  
Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera. Departamento de Hortofruticultura  
N. A-5 Km. 372, 06187 Guadajira (Badajoz)

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)

Unidad de Hortofruticultura

Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza

\*margarita.lopez@gobex.es

### **18.1. Introducción**

### **18.2. Principales variedades locales**

#### **18.2.1. Andalucía**

#### **18.2.2. Castilla La Mancha**

#### **18.2.3. Castilla y León**

#### **18.2.4. Cataluña**

#### **18.2.5. Comunidad Valenciana**

#### **18.2.6. Extremadura**

#### **18.2.7. Islas Baleares**

#### **18.2.8. Islas Canarias**

### **18.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

### **18.4. Variedades locales con interés para la recuperación**

### **18.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación**

### **18.6. Utilización en programas de mejora**

### **18.7. Logros y perspectivas**

### **18.8. Agradecimientos**

### **18.9. Recursos en línea**

### **18.10. Referencias**

## 18.1. Introducción

La higuera (*Ficus carica* L.,  $2n=26$ ) es una especie frutal perteneciente a la familia Moraceae. Esta especie ha sido tradicionalmente considerada como originaria de Oriente Medio, aunque estudios más recientes demuestran que *Ficus carica* var. *rupestris* se extendió por toda la cuenca mediterránea antes de ser domesticada (Khadari y Kjellberg, 2009). Se trata de una especie ginodioica cuyas flores y frutos numerosos y de pequeño tamaño se encuentran localizados en el interior de un sicono. Los tipos de flores varían en las dos formas sexuales diferenciadas. La polinización entre ambas, denominada caprificación, se realiza exclusivamente mediante el himenóptero *Blastophaga psenes* L. En algunos tipos de higuera la caprificación no es esencial para la producción de frutos comestibles sino que son partenocárpicas. En la higuera hembra, cuando madura el sicono, se observa en su interior una gran cantidad de aquenios y un periantio carnoso y dulce, que es lo que conocemos como brevas e higos. Ambos frutos se diferencian en la fecha de maduración y en la edad del tejido a partir del cual se desarrollan: las brevas en la madera del año anterior y los higos en la madera del año. Las higueras hembras se clasifican en cuatro tipos productivos en base a sus necesidades de polinización y a su fructificación (Condit, 1955):

Uníferas: producen únicamente higos de forma partenocárpica.

Bíferas: son productoras de brevas e higos partenocárpicos.

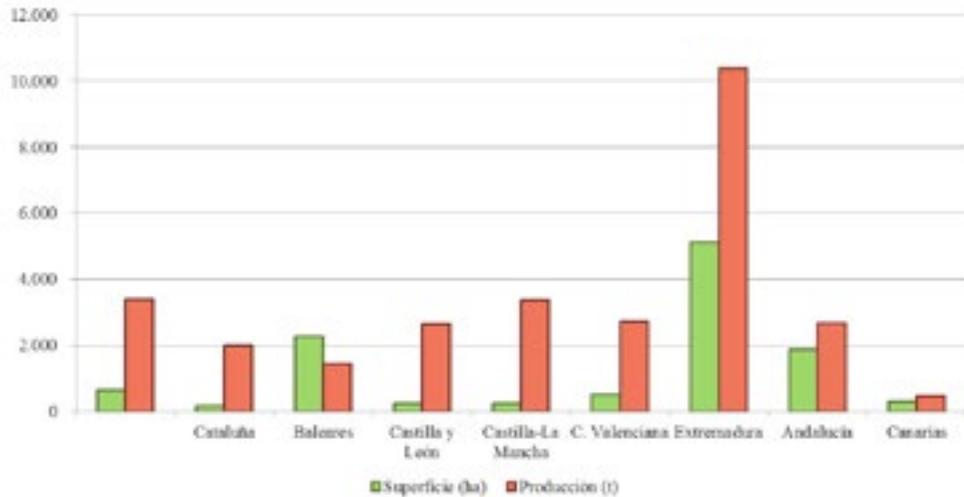
San Pedro: las brevas se desarrollan de manera partenocárpica, mientras que los higos necesitan ser caprificados.

Esmirna: producen únicamente higos mediante caprificación.

El cultivo de la higuera ha estado ligado a todas las civilizaciones del Mediterráneo y del Creciente Fértil durante milenios. No en vano es considerada la primera especie frutal cultivada por el hombre, existiendo evidencias arqueobotánicas que sitúan su uso antrópico hace 14.000 años en el Valle del Jordán (Kislev et al., 2006). Es un cultivo de gran tradición en nuestro país y constituye un caso particular de frutal. Está considerada flora y vegetación en prácticamente todo el territorio nacional por lo que su nivel de adaptación es máximo en zonas muy dispares (Devesa, 2000).

España es el octavo productor del mundo y el primero a nivel europeo (FAOSTAT, 2016). A pesar de que en las últimas décadas la superficie de cultivo de higuera ha disminuido considerablemente en nuestro país (debido principalmente a la pérdida de uso como alimento para ganado), la producción ha ido aumentando. Esto es debido a un cambio en el modelo productivo pasando a una fruticultura más moderna, con marcos de plantación más estrechos, riego, sistemas de formación en vaso y espaldera y un mayor peso de la producción de higo en fresco y seco para el consumo humano.

En la actualidad, la superficie en plantación regular en España alcanza las 12.411 ha con una producción de 30.434 t (MAGRAMA, 2016). Las comunidades autónomas con mayor superficie cultivada y producción en los últimos años son Extremadura, Baleares y Andalucía. Otras comunidades con superficie de plantación regular son Galicia, Comunidad Valenciana, Castilla la Mancha, Castilla y León, Canarias y Cataluña (Figura 1).



**Figura 1.** Superficie en plantación regular y producción anual de las Comunidades Autónomas con mayor superficie dedicada al cultivo de higos.

La higuera es un cultivo en expansión ampliamente demandado en el mercado nacional y que ha visto crecer el volumen de exportaciones en los últimos años, especialmente en el norte de Europa, donde es un producto muy apreciado tanto por sus cualidades organolépticas como nutritivas y funcionales. Sus frutos pueden ser consumidos frescos o secos y existe una amplísima variedad de productos derivados tanto alimenticios como cosméticos. Es además la especie frutal con una mayor diversidad varietal originada espontáneamente (Flaishman et al., 2008; Van Deynze, 2015).

## 18.2. Principales variedades locales

En España, una parte considerable del espectro varietal de higuera está compuesto por variedades locales, que son el resultado de la selección natural promovida por las distintas condiciones edafoclimáticas, pero también de una selección artificial por parte los agricultores. Una de las características más importantes de las variedades locales es su heterogeneidad, que les proporciona una gran estabilidad frente a las perturbaciones. En general, presentan una serie de características de calidad y de adaptación que las han hecho deseables para su cultivo a lo largo del tiempo. Estas variedades representan una riqueza genética a conservar, siendo consideradas un patrimonio cultural en cada una de estas zonas y son una fuente potencial de diversidad aplicable a planes de mejora.

La mayoría de estas variedades locales presentan una distribución muy restringida y su cultivo está poco extendido o casi extinto, mientras que unas pocas son variedades de muy antiguo cultivo que se han extendido dentro y fuera de nuestras fronteras, tomando distintos nombres. Esto ha provocado la aparición de numerosas homonimias y sinonimias a lo largo del tiempo. Claros ejemplos de sinonimias son las dos variedades más cultivadas en nuestro país, las conocidas como 'Albacor' y 'Cuello de Dama Blanco'.

En el caso de 'Albacor', variedad mallorquina descrita por Estelrich (1910), ya aparecía inventariada en 1358 con este nombre, de origen árabe que significa temprana (Font i Obrador et al., 1974). Entre las diferentes acepciones registradas de esta variedad podemos citar (Figura 2):

'Cuello de Dama Negro', 'Negra de Almoharín', 'Hongal', 'Nongal', 'Brevala Negra', 'Talayuela' y 'Goen' en Extremadura.

'Breval Málaga' o 'Negra Málaga' en Andalucía.

'Albacor', 'Albacor de Molla Vermella', 'Manresa' o 'de la Reina' en Islas Baleares.

'Brevera Negra' en las Islas Canarias.

'Colar', 'Torrebaja', 'Ademuz', 'Alcacer', 'Betera', 'Napolitana Negra' y 'Brevera Foyos en la Comunidad Valenciana.

'Goína', 'Florancha', 'Negra Murciana' y 'Albatera' en Murcia.

'Mission', 'Franciscana', 'California Black' o 'Charles Allen' en Estados Unidos.

'Douro Vebra' en Portugal.

'Vivareo' y 'Reculver' en Reino Unido.

'Gourreau du Languedoc' en Francia.



**Figura 2.** Variedad 'Albacor', una de las más conocidas y cultivadas en España.

En el caso de Cuello de Dama Blanco, que es probablemente la variedad más cultivada en el Mundo, las acepciones más conocidas son (Figura 3):

‘Blanca Cabezuela’, ‘Higos de la Pasa’, ‘Blanca de Jaraíz’ y ‘Cuello de Dama Blanco’ en Extremadura y sur de Castilla y León.

‘Cuello de Dama Blanco’ y ‘De la Goteta de Miel’ en la Comunidad Valenciana.

‘Napolitana Blanca’, ‘Del Guardia’ o ‘Gota de Miel’ en Cataluña.

‘Abruzzes’, ‘Ottato’, ‘Adottato’, ‘Dottato’, ‘Binello’, ‘Trifero’, ‘Gentile’, ‘Napoletani’ y ‘Fico di Napoli’ en Italia.

‘Pingo de Mel’ en Portugal.

‘Kadota’ y ‘White Pacific’ en Estados Unidos.

En el caso de homonimias, nos encontramos con la variedad ‘Franciscana’, cultivada en Toledo y que no es igual a la del mismo nombre de California, en realidad una ‘Albacor’. Lo mismo ocurre con la variedad extremeña ‘De Rey’ y la ‘De Rei’ cultivada en Lérída. Las denominaciones de las variedades varían en función de su origen, de forma que a veces la misma variedad cambia de nombre de una localidad a otra, o entre las diferentes islas de un archipiélago.



**Figura 3.** Variedad ‘Cuello de Dama Blanco’.

La etimología de cada variedad puede variar en función de una serie de factores, entre los que podemos citar:

Tipo de cosecha: 'Brevera', 'Brevala', 'Breval Málaga'.

Aprovechamiento de la cosecha: 'Boyuna', 'Burreña', 'Negra tocinera', 'Vacal', 'Porquenya'.

Forma de los frutos: 'Calabacita', 'Cuello de Dama', 'Pezón Largo', 'Capoll curt', 'Morro de bou', 'Banane'.

Tamaño de los frutos: 'Col de Dame Gegantina', 'Tres fan Carga', 'De Cuarterón'.

Color de los frutos: 'Moscatel blanca', 'Moscatel negra', 'Blanca clara', 'Verdal', 'Verdaleta', 'Roja', 'Blanca', 'Blanqueta', 'Bota morada', 'Negra común', 'Blava', 'Albar', 'Bermeja'.

Otras características del fruto: 'Albacor de molla vermella' por el color rojo de la pulpa, 'Albacor de molla blanca', 'Sang de rossí' y 'Gota de miel' por presentar una gota en el ostiolo, 'Ull de perdiu' por la coloración roja que presenta el higo alrededor del ostiolo.

Características de la planta: 'Negra Primerenca', 'San Antonio', 'Tres Collitas', 'De tres Esplets', 'Groga Tardana', 'Hivernenca'.

Referencias religiosas: 'Mare de Deu', 'De la Virgen', 'Franciscana', 'Beat Ramon', 'San Pie-ro', 'San Joao branco', 'Del Sant Crist', 'Dels ermitans', 'De Sant Joan de Déu'.

Referencias históricas: 'Mission', 'Tiberio', 'Morisca', 'Toro Sentado'.

Procedencia: 'Alacantina', 'Argelina', 'Albatera', 'Alcacer', 'Villalba', 'Alcudia', 'Barbastro', 'de Cabrera', 'Nazaret', 'Manresa', 'Torrebaja', 'Casas Bajas', 'de Fraga', 'Dalmatie'.

Nombres de persona: 'Azucena', 'Margarita', 'D'en Manel', 'Calderona', 'Victoria', 'Doña Ma-ría', 'Martina', 'Miguelos rojos', 'Tía Penya', 'D'en Cosme Manyo', 'Beltrana', 'Carlina', 'De la señora', 'De la reina'.

A continuación se muestran las diferentes variedades locales en base a estudios y publica-ciones en las diferentes CCAA, resaltando aquellas que localmente se consideran de mayor importancia:

### 18.2.1. Andalucía

En la Comunidad Autónoma de Andalucía, encontramos varios trabajos acerca de las va-riedades locales de higuera. En la zona oriental, por un lado López-Agudo et al. (2006) y Pérez-Jiménez et al., (2012) citan y describen hasta 12 variedades tradicionales de la gra-nadina Sierra de la Contraviesa, unas de uso común y otras más raras. Entre ellas destacan como más extendida la 'Higuera de la Pasa' para secado y las 'Brevera Blanca', 'Calaba-cilla Negra', 'Calabacilla Blanca' y 'Roela' por su calidad para consumo en fresco. Laguía (2013) hace una descripción de las variedades características del Valle del Guadalhorce, en la provincia de Málaga, donde cita hasta catorce variedades locales, no coincidentes con las anteriores, entre las que destacan 'Panetejo' y 'Cuello Paloma' para secado y 'Negra' y 'Reina' para consumo en fresco. En la parte occidental las variedades locales descritas pertenecen al entorno de Doñana, en la provincia de Huelva y son nueve, dos de ellas cata-

logadas como introducidas, la ‘Blanquilla’ y la ‘Mayuna’ o ‘Gota de Miel’, y como autóctonas principalmente la ‘Negra’ (más antigua), ‘Blanca’, ‘Zafari’ y ‘Zarahíla’, ésta última localizada en torno al pueblo de Almonte.

### **18.2.2. Castilla La Mancha**

En Castilla– La Mancha, Toledo es la provincia que concentra la mayor producción, sobre todo el municipio de Cebolla. La principal variedad utilizada es ‘Cuello de Dama Blanco’, conocida internacionalmente como ‘Dottato’ o ‘Kadota’, de amplia difusión en todo el mundo y de calidad contrastada. Variedad bífera de doble aptitud para fresco y seco, es de color verde amarillento y pulpa ámbar. Produce pocas brevas y tiene una alta producción de higos. En la Sierra de San Vicente (Toledo) se han descrito hasta ocho variedades locales en cultivo: ‘Cuello de Dama Blanco’, y otras como ‘Negra’, en realidad una ‘Albacor’ y la ‘Oñigal’, tardía y de buena calidad gustativa. Ambas de color púrpura y para consumo en fresco. También se citan el ‘Cordobés’, como higo temprano, y las variedades ‘Verdejo’, ‘Rayuelo’ y ‘Culoborríco’.

### **18.2.3. Castilla y León**

En Castilla y León la producción de higos se centra principalmente en la provincia de Ávila y en menor medida en la de Salamanca. En Ávila la principal variedad utilizada es ‘Cuello de Dama Blanco’, como en Toledo y norte de Cáceres. En la provincia de Salamanca, Pérez-Sánchez et al., (2013) citan dos zonas productoras «Arribes del Duero» y « Sierra de Francia», ambas continuación de la zona productora del norte de Cáceres, realizando las descripción de nueve cultivares locales, algunos de ellos de claro origen portugués (‘Prieto’, ‘Pringo de Miel’ y ‘Tardía Portuguesa’). Entre ellas destacan por la calidad de sus frutos los cultivares ‘Antigua’ y ‘Cuarterón’.

### **18.2.4. Cataluña**

En el Diccionario Catalán-Valenciano-Balear (DCVB) de Alcover y Moll (2002) aparecen hasta 145 variedades de higueras, de las que una cincuentena se señalan como cultivadas en Cataluña. Algunas son específicas de esta región, como ‘Acre’, ‘Maella’, ‘Envernesca’, ‘Llei’ o ‘Perdigona Negra’; y otras son comunes con Baleares y Comunidad Valenciana. Entre ellas podemos citar las ‘Bordissot’, ‘Setllola’, ‘Carabasseta’ o el grupo de las ‘Coll de Dama’. La principal zona de cultivo de higuera en Cataluña se localiza en Lérida, en torno al municipio de Alguaire, dónde se cultiva exclusivamente la variedad ‘Coll de Dama Negra’, variedad unífera de piel púrpura y pulpa de color rojo intenso. Se utiliza para consumo en fresco.

### 18.2.5. Comunidad Valenciana

Esta región es una de las zonas tradicionales de cultivo de higuera. En el DCVB aparecen alrededor de cuarenta variedades cultivadas, entre las que podemos destacar las Burjasot, las Coll de Dama, las Napolitanas y el grupo de las Albacor. Bordera (2011) nos da una descripción de 7 variedades propias del Valle de Albaida, seis de ellas incluidas en el DCVB ('Secana' o 'Bacorera negra', 'Blanca', 'Napolitana', 'Verdal', 'Roja' y 'De la Goteta de Mel', en realidad una 'Cuello de Dama Blanco') y una no incluida, que es la de 'Sant Pere D'Alcantara'. Esta Comunidad es la primera productora de frutos para consumo en fresco, principalmente la provincia de Alicante, donde se cultiva la variedad 'Colar', clon mejorado de la variedad 'Albacor', especialmente por sus brevas.

### 18.2.6. Extremadura

Extremadura es la primera región española en superficie y producción. En la actualidad, en el Banco de Germoplasma localizado en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-La Orden) hay conservadas 46 entradas como variedades locales de todas las zonas productoras extremeñas. De todas ellas, una decena son las más cultivadas, principalmente para secado con destino a la alimentación humana y/ o animal. De ellas (López Corrales et al., 2012b) podemos destacar las variedades 'San Antonio' como temprana y con buenas características gustativas (Figura 4). Bífera, con frutos color púrpura y tamaño medio, se cultiva principalmente en el municipio de Barcarrota, en Badajoz. También en esta zona se cultiva la variedad 'De Rey', de gran calidad organoléptica para consumo en fresco y de recolección tardía. En la zona central de Extremadura se cultiva la variedad 'Calabacita' para secado, de gran calidad organoléptica y actualmente en expansión. En el norte de la provincia de Cáceres la principal variedad es 'Cuello de Dama Blanco', de doble aptitud y muy productiva en higos y que también es cultivada en Ávila, Toledo y la Comunidad Valenciana.



**Figura 4.** Variedad autóctona extremeña 'San Antonio'.

### 18.2.7. Islas Baleares

En las Islas Baleares, si bien el cultivo de la higuera ha decaído en los últimos tiempos en favor de las actividades turísticas, es en este archipiélago donde por antonomasia se unen cultivo y tradición. Khadari et al. (2009) sitúa en ellas uno de los focos de diversidad genética de esta especie en el oeste mediterráneo, anterior a su domesticación. Los estudios de diferenciación genética sugieren que su aislamiento no permitió su contribución a la recolonización genética después de la última glaciación. Es también aquí donde aparece una más amplia bibliografía acerca de este cultivo: ya en 1910 el pionero Pedro Estelrich y posteriormente autores como Rallo, Rosselló, Sacarés y por último Monserrat Pons han ofrecido una amplia descripción de las variedades de higuera en estas islas. Este último, en su libro 'Las Higueras en las Islas Baleares' presenta 164 fichas descriptivas detalladas de variedades autóctonas. Es difícil elegir entre todas ellas las más importantes, pero sí se pueden citar como tradicionales las 'Albacoques', 'Bordissots', 'Coll de Dama', 'Paratjales', 'Hivernencas' y 'Martinencas'. También, destacan por sus calidades organolépticas las variedades 'Cucurella', 'Tía Penya' y 'De la Reina'

### 18.2.8. Islas Canarias

En las Islas Canarias el cultivo de la higuera es, según diferentes estudios arqueológicos, de época prehistórica y ha tenido una gran importancia no sólo en la alimentación humana y animal por sus frutos, sino también en esta última por sus hojas. Es tradicional el secado de los frutos al sol, sobre todo en las zonas de costa con higueras blancas, mientras que en el interior se usan higueras negras o garallotas, para su consumo en fresco (Perdomo, 2007). Perdomo (2004) estima el número de variedades locales en Canarias entre 35 y 40 y González-Rodríguez et al. (2011) hacen una caracterización morfológica de 42, si bien aparecen algunas homonimias entre ellas. Según Gil et al. (2006), entre las principales variedades canarias podemos citar la 'Brigasote' o 'Bragasota', variedad ya descrita en 1622 en La Gomera y que es con toda probabilidad la variedad 'Bordissot', del archipiélago balear. Variedad esférica achatada, de color púrpura y pulpa roja. Cultivada en todas las islas, presenta más de 30 sinonimias. Otras serían la 'Cota' o 'Cotia', de parecida forma a la anterior, pero de color verde y pulpa de color rosa o ámbar; la 'Bicariña', localizada en todas las islas; la 'Nogal' o 'Herreña', de color marrón-púrpura y buena calidad gustativa y por último la 'Tarajal' o 'Tarajala', de color púrpura y considerada por algunos autores como la variedad presente en Canarias antes de la llegada de los españoles.

## 18.3. Variedades locales conservadas en colecciones

La principal colección de variedades locales españolas se encuentra en el Banco de Germoplasma de higuera del CICYTEX-La Orden cuyo objetivo es conservar, caracterizar y evaluar los recursos fitogenéticos de esta especie. Inicialmente este Banco, establecido en 1989, incluía 209 accesiones, de las cuales 196 fueron recolectadas como variedades locales pro-

cedentes de prospecciones realizadas por técnicos en distintas Comunidades Autónomas y 13 de otros países (Giraldo et al., 2008a). Los estudios de la caracterización morfológica y molecular mediante marcadores microsatélites (SSRs) de las accesiones, permitió identificar 98 genotipos únicos (Giraldo et al., 2005; 2008b; 2010).



**Figura 5.** Variedades locales españolas: A) variedad ‘Coll de Dama Negra’ de Cataluña, B) variedad ‘Negra Común’ de Andalucía, C) variedad ‘Blava Flor’ de Baleares y D) plantación tradicional de ‘Calabacita’.

El alto número de homonimias y sinonimias detectados entre las variedades prospectadas en esta especie, podrían explicarse por su facilidad de propagación vegetativa y su antigüedad, que unido al objetivo de los agricultores de seleccionar variedades partenocárpicas permitió la dispersión de un conjunto de plantas seleccionadas entre las diferentes regiones. Entre las variedades locales con mayor número de sinonimias se encuentran las variedades más cultivadas en España como ‘Cuello Dama Blanco’, ‘Albacor’ o ‘Coll de Dama’. Además, en algunos casos, se han encontrado diferencias fenotípicas en algunas variedades locales que presentan el mismo perfil genético como es el caso de ‘Coll de Dama’ (‘Coll de Dama Blanco’, ‘Coll de Dama Negra’, y ‘Coll de Dama Rossa’) debido probablemente a diferentes factores ambientales locales o mutaciones somáticas que tuvieron lugar durante la historia de cultivo de esta especie (Galderisi et al., 1999). En el caso de la variedad local ‘Albacor’ se localizaron 22 accesiones de distintas zonas productoras con el mismo perfil genético si bien la caracterización morfológica puso de manifiesto diferencias fenotípicas entre ellas relativas a uno a varios de estos aspectos: coloración de la pulpa, vigor, peso medio de los frutos y densidad de vegetación, estableciéndose 5 grupos de clasificación (Gil et al., 2010). En el

caso de España, estas variedades locales son principalmente partenocárpicas (uníferas o bíferas) y sólo 2 de tipo San Pedro ('Lampaga' y 'Pecho de Reina') y otras 2 tipo Esmirna ('Arail' y 'Blanca Albondón').

En base a estos estudios, se estableció en 2007 un nuevo Banco de Germoplasma de higuera con 3 árboles por variedad y se adoptó un protocolo de incorporación de las variedades prospectadas que incluye una caracterización morfológica primaria y la caracterización molecular con marcadores SSRs (López Corrales et al., 2012a). Teniendo en cuenta lo anterior, en los últimos 10 años, se han caracterizado 416 accesiones de higuera, principalmente recolectadas en diferentes comarcas españolas de Extremadura, Islas Baleares, Islas Canarias, Castilla y León, Castilla la Mancha, Comunidad Valenciana, Cataluña, Andalucía, Aragón y Murcia. En la actualidad, este banco incluye 209 variedades distintas, de las cuales, más del 93% son variedades locales de las principales zonas de cultivo de la higuera en nuestro país (Balas et al., 2014). En el Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos del Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA se puede consultar el listado de las variedades locales conservadas en este Banco de Germoplasma (<http://wwwx.inia.es/inventarionacional/Instituciones.asp>). En España, otra colección de higueras muy interesante es la localizada en el Campo Experimental de 'Son Mut Nou', en Mallorca, propiedad de D. Monserrat Pons i Boscana, que en la actualidad cuenta con alrededor de 800 entradas, de las cuales 251 corresponden a variedades locales de las Islas Baleares. El objetivo de dicho campo experimental es conservar y mantener las variedades locales de las Islas, algunas de las cuales se encuentran en riesgo de erosión genética (Pons i Boscana, 2009).

#### **18.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

En el caso de la higuera los criterios de selección se deben establecer en base al destino de la producción: frutos para el consumo en fresco o para el secado. De forma general, en el caso de las variedades con destino al consumo en fresco, los descriptores de calidad comprenden el tamaño: frutos de tamaño medio y grande, elevada firmeza de la piel, tamaño pequeño del ostiolo para evitar entrada de insectos y hongos, alta facilidad de abscisión del fruto en recolección, bajo agrietamiento, color de la piel y la pulpa según preferencias de mercado de destino, el aroma, alto contenido en sólidos solubles y baja acidez. También se incluyen entre los índices de calidad la ausencia de defectos (como el picado de pájaros, quemaduras de sol, costras, rupturas en la piel y tallos deshidratados), insectos y pudriciones. Una vez recolectados los frutos, en la calidad poscosecha hay que tener en cuenta la evolución de los parámetros de calidad durante el almacenamiento como por el ejemplo la pérdida de firmeza o de color y el agrietamiento de los frutos. Diferentes trabajos de caracterización morfológica y evaluación agronómica han permitido identificar en algunas variedades locales los caracteres deseables. En la Tabla 1 se muestran los caracteres de interés, así como algunos ejemplos de variedades locales que los muestran.

En el caso de las variedades locales con destino al secado, los parámetros de calidad comprenden, no sólo al tamaño del fruto, color de la piel verde o amarillento y color de la pulpa preferentemente ámbar, sino también maduración temprana, calidad gustativa, facilidad de secado y de abscisión del pedúnculo de la rama. Tradicionalmente, la variedad ‘Calabacita’ cultivada en Extremadura o la ‘Cucurella’ mallorquina reúnen algunas de estas características.

### 18.5. Potencial de las variedades locales como fuente de variación

Como se ha visto anteriormente, existe una gran diversidad de variedades conservadas en los bancos de germoplasma, si bien gran parte de la superficie de higuera cultivada en España se corresponde con sólo unas cuantas variedades locales. Apenas se han desarrollado variedades mejoradas en todo el mundo, por lo que se puede afirmar que el potencial que poseen las primeras como fuente de variación es considerable. Existe una amplia gama de recursos para satisfacer en mayor o menor medida la mayor parte de los objetivos de mejora que tendría una variedad ideal: piel resistente y elástica, calidad gustativa, ostiolo pequeño, resistencia al agrietado, facilidad de abscisión del fruto, etc. También existe una enorme variabilidad en color de piel y de pulpa, forma y tamaño del fruto que puede ser aprovechada para la obtención de nuevas variedades y satisfacer distintas demandas de consumo. En cuanto a la resistencia a plagas y enfermedades, aunque no es un tema crucial en la especie, se han identificado fuentes de resistencia o tolerancia al Virus del Mosaico de la Higuera, la cochinilla (*Ceroplastes rusci* L.) y los nematodos de la raíz en distintas variedades.

**Tabla 1.** Principales caracteres de calidad de fruto de higuera y variedades locales que los poseen.

<b>Caracteres de interés</b>	<b>Variedades locales</b>
Gran tamaño de brevas	‘Lampaga’, ‘Negra Cabezuela’, ‘Roja’, ‘Quarteron’
Gran tamaño de higos	‘Negra Cabezuela’, ‘De la Reina’, ‘Negra’, ‘Albacor comuna’, ‘Roja’, ‘Calderona’, ‘D’en Pieres’, ‘Botanda’, ‘Quarteron’
Frutos firmes	‘Albacor’, ‘De Rey’, ‘Cabatxa’, ‘Lampaga’, ‘Zarahila’, ‘Cucurella’, ‘Verdal’, ‘Martinenca’
Buena calidad gustativa	‘De Rey’, ‘Cuello Dama Blanco’, ‘Calabacita’, ‘San Antonio’, ‘Reina’, ‘Montecorto’, ‘Llei’, ‘Napolitana negra’, ‘Coll de Dama negra’
Frutos dulces	‘De Rey’, ‘Calabacita’, ‘San Antonio’, ‘Cordobeses’, ‘Tia Penya’, ‘De la Reina’
Ostiolo pequeño	‘Algerina’, ‘Verdaleta’, ‘San Pere D’Alcantera’, ‘Tarajala’, ‘Canaria’
Facilidad de abscisión del pedúnculo	‘Calabacita’, ‘De Rey’, ‘Martinenca’, ‘Alacantina’, ‘Albacor comuna’, ‘Coll de Dama Negra’
Ausencia de grietas	‘Boyuna’, ‘Panetejo’, ‘Blanca’, ‘Canaria’, ‘De la Penya’, ‘Albacor de Molla de Meló’

Facilidad de pelado	'Albacor', 'De Rey', 'Doña María', 'Blanca', 'Loca', 'Antigua', 'Cuarterón', 'Pringo de miel', 'Bicariña', 'Brigasote', 'Reina'.
Producción alta de brevas	'San Antonio', 'Montecorto', 'Roja'
Producción alta de higos	'Roja', 'Cuello Dama Blanco', 'Blanca', 'San Antonio', 'De Butxaca'

Con el objetivo de conservar una muestra de tamaño manejable que representara la diversidad genética presente en el Banco de Germoplasma de higuera del CICYTEX-La Orden, se ha desarrollado una colección nuclear compuesta de 30 accesiones (13% del Banco de Germoplasma) que representan más del 95% de la diversidad de la colección completa (Balas et al., 2014). La mayor parte de las accesiones (27) corresponden a variedades locales españolas, incluido un cabrahigo (Tabla 2). Estas variedades cubren los principales requerimientos agronómicos y comerciales y pueden ser una herramienta útil en mejora.

## 18.6. Utilización en programas de mejora

A nivel nacional no se ha iniciado ningún programa de mejora genética de higuera, debido probablemente a la escasa importancia económica de este cultivo en los últimos 30 años, localizado en determinadas comarcas españolas cada una de ellas en situación de cultivo monovarietal. En el CICYTEX-La Orden se han llevado a cabo cruzamientos controlados y existen actualmente diferentes progenies que están siendo evaluadas con el objetivo de ahondar en el conocimiento genético de la especie y en el desarrollo de marcadores moleculares que permitan discriminar el sexo en etapas iniciales del desarrollo. Aunque no se descarta la selección de individuos que muestren características sobresalientes, no es éste el objetivo principal.

**Tabla 2.** Colección nuclear del Banco de Germoplasma de higuera compuesto por 30 accesiones de las que 27 son variedades locales (v).

Nombre	Origen	Tipo productivo
'176' v	Extremadura	Unífera
'Alacantina Negra' v	Islas Baleares	Bífera
'Algerina' v	Islas Baleares	Bífera
'Banane'	Francia	Bífera
'Blanca R' v	Cataluña	Unífera
'Boja' v	Cataluña	Unífera
'Bonjesusa' v	Islas Baleares	Unífera
'Botanda' v	Islas Baleares	Bífera
'Brocalet' v	Islas Baleares	Bífera
'Burjassot Negro' v	Cataluña	Unífera
'Castañales' v	Islas Baleares	Bífera

'Cucurella Negra 'Catalana' 'vi	Cataluña	Unífera
'De Rey' 'vi	Portugal	Bífera
'De son quartera' 'vi	Islas Baleares	Unífera
'De tres frutos' 'vi	Islas Canarias	Bífera
'Desconocida 1' 'vi	Cataluña	Bífera
'Ethiopia'	Etiopía	Unífera
'Higo de Miel' 'vi	Extremadura	Bífera
'Mal nombre' 'vi	Extremadura	Bífera
'Margarita' 'vi	Islas Baleares	Unífera
'Paratja' 'vi	Islas Baleares	Bífera
'Pezonuda' 'vi	Andalucía	Bífera
'Pollencina' 'vi	Islas Baleares	Bífera
'Prieta' 'vi	Extremadura	Bífera
'SL-81' 'vi	Extremadura	Bífera
'Smyrna'	Turquía	Esmirna
'Tocal' 'vi	Andalucía	Cabrahigo
'Verdal (M)' 'vi	Islas Baleares	Bífera
'Zuguele' 'vi	Extremadura	Bífera
'Zuliverdeja' 'vi	Extremadura	Bífera

En lo referente a la mejora tradicional de la higuera, queda mucho por hacer. Son necesarios trabajos que evalúen las habilidades combinatorias general y específica de distintos parentales, especialmente de cabrahigos, así como la estructuración del germoplasma en grupos heteróticos que permitan optimizar su utilización en programas de mejora. Así mismo, la escasa información genética disponible para trabajar en esta especie tampoco proporciona un panorama alentador y resulta imposible utilizar métodos como selección asistida por marcadores, que están casi estandarizados en otras especies vegetales.

El escaso interés que suscita la mejora de la higuera debido a la dificultad de desarrollar un plan de mejora convencional al ser una especie dioica, de difícil metodología de fecundación artificial, con una segregación sexual macho-hembra 3:1 y el largo periodo de juvenilidad de la especie hace que los trabajos de mejora se centren más en la identificación de mutaciones somatoclonales, la mutagénesis y en los enfoques biotecnológicos.

Por exponer algunos ejemplos internacionales, a falta de un referente nacional, destacan los trabajos de mejora clásica realizados por Condit y Storey durante el periodo 1928-1980 en EE.UU. en UC Riverside generando las variedades 'Conadria', 'Sierra' o 'Sequoia' y que Doyle y Ferguson continúan a día de hoy en UC Davis y USDA-Louisiana (LSU AgCenter). También ha habido mejora tradicional de higuera en Rusia, Japón e Israel (Flaishman,

2008a). En cuanto a enfoques que utilizan la mutagénesis, sobresale el trabajo de Akhund-Zade (1982) en la antigua URSS que culminó con la liberación de la variedad 'Bol'. En lo que refiere a la aplicación de biotecnología, Flaishman (2008b) ha descrito casos exitosos de transformación genética en higuera llevados a cabo en Volcani Center de Israel. Aunque éstos no han desembocado en el desarrollo de nuevas variedades, será sin duda una de los principales procesos de mejora en las próximas décadas.

## **18.7. Logros y perspectivas**

La amplia gama disponible de variedades locales y comerciales de higuera carentes de royalties ha contribuido a la ausencia de un programa de mejora de higuera en España a pesar de haberse llevado a cabo en otras especies infrautilizadas como pistacho, níspero o granado (Llácer, 2009). En cualquier caso, como ya ocurriera con los cítricos (Navarro et al., 2006), la obtención de nuevas variedades de higuera en España está más enfocada en la identificación de variaciones somaclonales.

En este Banco de Germoplasma desde hace una década se han realizado trabajos de caracterización morfológica y evaluación pomológica de las distintas variedades. Como consecuencia de estos estudios se desarrolló el protocolo descriptivo de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) para higuera, que ha servido como referencia internacional para realizar las fichas descriptivas varietales del Registro Oficial de Variedades Comerciales de la Higuera en España. En la actualidad, en dicha lista están inscritas 50 variedades, de las cuales, el 90% son variedades locales de distintas zonas productoras de España (López-Corrales et al., 2011) (Recurso en línea 1). En estos estudios se hizo especial hincapié en la detección de mutaciones que puedan tener utilidad agronómica y comercial. Por otro lado, el CICYTEX-La Orden y la Universidad de Extremadura llevan a cabo ensayos de comportamiento agronómico y de calidad de variedades interesantes para el consumo en fresco y secado, en los que se han valorizado las producciones de diferentes variedades locales como 'San Antonio', 'Calabacita' y 'Cuello Dama Blanco' (Pereira et al., 2015; Villalobos et al., 2015).

## **18.8. Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiada por el proyecto RFP2013-00006 del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia y fondos FEDER. Margarita López Corrales es beneficiaria de un contrato financiado por la Comunidad Autónoma de Extremadura y fondos FEDER (TA13040).

## **18.9. Recursos en línea**

Catálogo nacional de variedades registradas de higuera. Oficina Española de Variedades

Vegetales-MAGRAMA: <http://www.magrama.gob.es/app/regVar/ResBusVariedades.aspx?id=es&TxtEspecie=HIGUERA&IDEspecie=474>

## 18.10. Referencias

- Akhud-Zade, IM. 1981. Radiation mutagenesis in subtropical crops. (in Russian, English abstract). L-ya Vses Konf. p0 Prikl. Radiohiol. 1981: 50-51.
- Alcover AM, Moll B. 1995. Diccionari Catalá-Valenciá-Baleár. Palma de Mallorca.
- Balas F, Osuna MD, Domínguez G, Pérez-Gragera F, López-Corrales M. 2014. Ex situ conservation of underutilised fruit tree species: establishment of a core collection for *Ficus carica* L. using microsatellite markers (SSRs). *Tree Genet. Gen.* 10: 703-710.
- Bordera J. 2011. Aproximació a les varietats de figuera de la Vall Dálbaida. Alba. 22-23: 62-91.
- Condit IJ. 1955. Fig varieties: a monograph. *Hilgardia* 23: 323–538.
- Devesa JA. 2000. Flora y vegetación de Extremadura. Universitas Editorial. Badajoz.
- Estelrich P. 1910. La higuera y su cultivo en España. Ed: Librería Escolar. Palma de Mallorca. España. 228 pp.
- FAOSTAT. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. <http://faostat.fao.org/>.
- Flaishman M, Rodov V, Stover E. 2008a. The Fig: Botany, Horticulture and Breeding. *Hort. Rev.* 34: 113-196.
- Flaishman M, Yablovich Z, Golobovich S, Salamon A, Cohen Y, Perl A, Yancheva SD, Kerem Z, Haklay E. 2008b. Molecular Breeding in Fig (*Ficus carica*) by the Use of Genetic Transformation. *Acta Horticulturae* 798: 151-158
- Font i Obrador B. 1974. Historia de Lluçmajor II. P.157-158
- Galderisi UM, Cipollaro G, Di Bernardo L, De Masi G, Galano A, Cascino A. 1999. Identification of the edible fig "*Bianco del Cilento*" by random amplified polymorphic DNA analysis. *Hort. Science* 34: 1263-65.
- Gil J, González AJ, Morales J, Perera J, Castro N. 2006. Las higueras canarias y su diversidad: bases orales y documentales para su estudio. *Rincones del Atlántico* 3: 35.
- Gil M, Pérez F, Giraldo E, Cortés J, López-Corrales M. 2010. Groups of classification and synonymies of the cultivar 'Albacor' in Fig Germplasm Bank located in Finca 'La Orden' (Spain). *Acta Horticulturae* 918: 961- 964.
- Gil M, Pérez F, Cortés J, Serradilla MJ, y López-Corrales M. 2009. Caracterización de variedades de higuera cultivadas en Extremadura. *Actas de Horticultura* 54: 131-134.
- Giraldo E, Viruel MA, López-Corrales M, Hormaza JI. 2005. Characterisation and cross-species transferability of microsatellites in common fig (*Ficus carica* L.). *J. Hortic. Sci. Biotech.* 80: 217-224.
- Giraldo E, López-Corrales M, Hormaza JI. 2008a. Optimization of the Management of an Ex-situ Germplasm Bank in Common Fig with SSRs. *J. Amer. Sco. Hort. Sci.* 133:

69-77.

- Giraldo E, López-Corrales M, Hormaza JI. 2010. Selection of the most discriminating morphological qualitative variables for characterization of fig germplasm. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 135: 240–249
- Giraldo E, Hormaza JI, López-Corrales M. 2008b. Selection of morphological quantitative variables in the characterization of *Ficus carica* L. *Acta Hort.* 798: 103-108.
- González-Rodríguez AM, Grajal-Martín MJ. 2011. Higueras de Canarias. Caracterización morfológica de variedades. Instituto Canario de Investigación Agraria. Gobierno de Canarias. Tenerife.
- Khadari B, Kjellberg F. 2009. Tracking the genetic signature to identify fig origins: insights for evolution before and during domestication processes. *Acta Horticulturae IV International Symposium on Fig*. Méknès, Marruecos.
- Kislev ME, Hartmann A, Bar-Yosef O. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science* 312: 1372–1374.
- Laguía Schonhoff M. 2013. Estudio en la recuperación y puesta en valor de las variedades locales de higuera en el Valle del Guadalhorce. Proyecto Fin de Master. Master Oficial en Agricultura, Ganadería y Silvicultura Ecológica. Universidad Internacional de Andalucía.
- Llácer G. 2009. Fruit Breeding in Spain. *Acta Horticulturae* 814: 43-56
- López Agudo B, Pujadas Salvá AJ, Guzmán Casado G. 2006. Localización de variedades locales de higuera (*Ficus carica* L.) y recuperación del conocimiento asociado a su manejo tradicional en las Sierra de la Contraviesa (Granada). VII Congreso de SEAE. Zaragoza. 9 págs.
- López-Corrales M, Balas F, Domínguez G, Osuna MD, Serradilla MJ, Pérez F. 2012. Protocolo de incorporación de nuevas accesiones al banco de germoplasma de higuera. *Actas de Horticultura* 62: 215-0216.
- López-Corrales M, Gil M, Pérez F, Cortés J, Serradilla MJ, Chome PM. 2011. Variedades de higuera: descripción y registro de variedades. En: Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino. ISBN: 978-84-491-1103-7. Madrid.
- López-Corrales M, Pérez-Gragera F, Serradilla MJ, Pereira C. 2012b. Estructura varietal del cultivo de la higuera en Extremadura. La agricultura y la ganadería extremeñas en 2011. Caja Badajoz. Págs.121-130.
- MAGRAMA. 2016. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. [www.magrama.gob.es](http://www.magrama.gob.es)
- Navarro L, Aleza P, Juárez J. 2006. Mejora de la calidad de los cítricos. p. 581-596. In: G. Llácer, M.J. Díez, J.M. Carrillo and M.L. Badenes (eds.), *Mejora Genética de la Calidad en Plantas*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas y Sociedad Española de Genética. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- Pereira C, Serradilla MJ, Martín A, Villalobos MC, Pérez-Gragera F, López-Corrales M (2015) Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae* 185:121–128.

- Perdomo AC. 2004. Prospección de cultivares locales de higueras (*Ficus carica* L.) en las islas de El Hierro, Gran Canaria y Tenerife. Apuntes etnobotánicos y biogeográficos. Comunicaciones al VI Congreso de la SEAE. pp. 821-827.
- Perdomo AC. 2007. Sobre paseros, secaderos, tendales, tinglados y hornos: la cultura material de los higos pasados en Canarias. Rincones del Atlántico 4:44.
- Pérez-Jiménez B, López B, Dorado G, Pujadas-Salvá A J, Guzmán G, Hernández, P. 2012. Analysis of genetic diversity of southern Spain fig tree (*Ficus carica* L.) and reference materials as a tool for breeding and conservation. Hereditas 149: 108-113
- Pérez-Sánchez R, Morales-Corts MR, Gómez-Sánchez MA. 2013. Caracterización agromorfológica de cultivares tradicionales españoles de higuera. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid
- Pons i Boscana M. 2009. Les figueres a les Illes Balears. Ed. M. Pons. Lluçmajor. Mallorca.
- Van Deynze A. 2015. 100 years of breeding. UC Davis Breeding Program. UC Davis Publications, Davis CA USA
- Villalobos MC, Serradilla, MJ, Martín A, López- Corrales M, Pereira C, Córdoba MG. 2015. Preservation of different fig cultivars (*Ficus carica* L.) under modified atmosphere packaging during cold storage. J Sci Food Agric. DOI 10.1002/jsfa.7326

## 19. Patata

---

**José I. Ruiz de Galarreta<sup>1\*</sup>, Roberto Tierno<sup>1</sup> y Domingo J. Ríos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Neiker-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Apdo. 46. 01080. Vitoria.

<sup>2</sup>CCBAT-Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife. C/Retama 2. 38400. Puerto de la Cruz. Tenerife.

\*jiruiz@neiker.eus

### 19.1. Introducción

### 19.2. Principales variedades locales

#### 19.2.1. Introducción a las variedades de patata en Europa

#### 19.2.2. Variedades locales de patata en España

### 19.3. Variedades locales conservadas en colecciones

### 19.4. Potencial de las variedades locales y utilización en programas de mejora

### 19.5. Logros y perspectivas

### 19.6. Agradecimientos

### 19.7. Referencias

## 19.1. Introducción

Los primeros trabajos en patata se iniciaron en la denominada Granja Modelo de Arkaute, creada por acuerdo firmado en las Juntas Generales de Álava el 3 de Noviembre de 1853. Es en 1940 cuando el Estado se hizo cargo de la Estación y la Diputación cedió en usufructo los edificios, instalaciones y terrenos con el fin de que a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INIA) pudiese desarrollar trabajos de interés y beneficio del sector agrario alavés. Así pasó a denominarse Estación de Cultivo y Mejora de Plantas de Vega, la cual adoptó el nombre en 1948, con Miguel de Odriozola, de Estación de Mejora de la Patata (EMP). Su primera sede, tras la creación de la misma por Decreto del 16 de Marzo de 1933, había radicado en la Granja de Iturrieta, siendo fundada por el Ingeniero Agrónomo, José María Díaz de Mendivil, presidente del INIA. Después de recorrer diversas comarcas españolas se decidió por el emplazamiento de la Estación de Mejora en la Sierra de Entzia, donde se fundó la Granja de Iturrieta, amparada por su aislamiento y altitud, lo que le hacía muy apta para la producción y control sanitario de la patata.

La EMP en la Granja de Iturrieta continuó con el trabajo de obtención de semilla prebase y el resto de actividades se llevaron a la Granja Modelo de Arkaute. Entre 1950 y 1954, el centro acometió una serie de reformas destinadas a la rehabilitación de edificios y construcción de instalaciones como invernaderos y laboratorios. La investigación en estos años hasta principios de los 80 se encaminó al desarrollo de actividades de mejora genética y sanitaria centradas en el cultivo de la patata. A lo largo de los años, los trabajos fueron diversificándose en diferentes secciones (Sánchez-Monge, 1988) tales como Virología con estudios de susceptibilidad, sintomatología, transmisión de las principales virosis y técnicas de detección como la callosa en tubérculo para el virus de enrollado. Así comenzaron a surgir estudios que se publicaron y presentaron en foros internacionales como la *Third Conference on Potato Virus Diseases in Lisse-Wageningen* (Rodríguez-Sardiña et al., 1957), lo que sería el precursor de la Sección de Virología de la Asociación Europea de Investigación en Patata (EAPR). Otros estudios desarrollados en la EMP se encaminaron hacia el campo de la Ecología con la finalidad de evaluar mediante ensayos agronómicos la adaptación de las variedades a las condiciones locales de cultivo (Odriozola, 1954; Escribano, 1960). Otra sección se dedicó a la producción de Patata Base y Prebase, las cuales constituyen las categorías iniciales del proceso de producción de patata de siembra. Por último el área de Genética y Citogenética estudiaba diferentes especies del género *Solanum* (Sañudo, 1963) así como la caracterización de variedades antiguas cultivadas para su posible uso en programas de mejora genética. La conservación de germoplasma, estudio y selección fue llevada a cabo por D. José Buesa, especialmente durante el periodo comprendido entre 1949 y 1954 (Buesa, 1963). Cabe destacar el nacimiento de la revista ASPAS en la década de 1950, promovida por la Asociación para el Fomento de Estudios sobre la Patata, en la cual se publicaron un gran número de artículos de alto valor científico (López-Campos

1954:1959; Odriozola, 1954:1955. Entre los trabajos publicados acerca de la primera etapa de mejora genética de patata en la EMP, destaca el de "*Obtención de nuevas variedades españolas de patata 1951-1960*", de Alberto Zubeldía y Gerardo López Campos, que obtuvo el segundo Premio Nacional de Investigación Agraria en 1962 y fue publicado en 1964. Resaltar en estas aportaciones los nombres de Antonio García Orad y Francisco Pérez de San Román con una serie de publicaciones en los Anuarios del INIA (García-Orad y Pérez de San Román, 1971), en el *European Potato Journal* (actualmente *Potato Research*) (Pérez de San Román et al., 1983), así como otras revistas de ámbito internacional, pudiendo afirmar que el nombre de Estación de Mejora de la Patata, ubicado en la Granja Modelo, era conocido internacionalmente.

En 1979 la investigación agraria en España fue regionalizada, pasando la EMP a depender del Gobierno Vasco en 1981. Así una nueva generación de científicos retomaba actividades como Mejora Genética, Cultivo de Tejidos, Nematología, Patología y Serología. Los objetivos de la mejora de la patata se centraron en precocidad, rendimiento y resistencia a enfermedades como *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary o mildiu, virus del enrollado y virus Y (Legorburu et al., 2005) y la Estación pasó a llamarse a denominarse Granja Modelo-CIMA (Centro de Investigación y Mejora Agraria) a finales de la década de 1980. Con el objetivo de mejorar tanto las actividades en I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) como la gestión de las mismas, se comenzó en la EMP un proceso de transformación que culminó con la constitución en 1998 de la Sociedad Pública NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, que continuaría desempeñando todas las actividades llevadas a cabo por los centros CIMA y SIMA (anteriormente, Laboratorio Pecuario de Derio en Bizkaia, denominado Servicio de Investigación y Mejora Agraria).

## **19.2. Principales variedades locales**

### **19.2.1. Introducción a las variedades de patata en Europa**

Las primeras papas tienen su origen en la cordillera de los Andes, concretamente en el sur de Perú y en el norte de Bolivia (Hawkes, 1990). En dichas zonas se originó el cultivo hace unos 10.000 años. Según Ugent (1970) las variedades antiguas de papa han venido siendo cultivadas en las terrazas de los valles de la antigua capital del imperio de los Incas, Cuzco, donde la orografía es tremendamente accidentada, condicionando por tanto una serie de nichos ecológicos que han favorecido una gran diversidad de cultivares (Figura 1). De ellos se fueron seleccionando aquellos que no tenían alcaloides en el tubérculo y presentaban estolones cortos, así como tubérculos grandes de buen sabor y textura (Matsubayashi, 1991). Tras la conquista de Perú por los españoles en el siglo XVI, estos introducen la papa en Europa. Hasta hace pocos años, la primera cita de papas en Europa fue de Hamilton (1934). Hamilton encuentra en los libros de contabilidad del Hospital de la Sangre de Sevilla del Archivo Hispalense la fecha de 1573 como la cita más antigua de la llegada de papas a

la Europa continental. Hawkes y Francisco-Ortega (1993), añaden a lo propuesto por Hamilton, que las papas habían sido compradas por el Hospital en diciembre, lo que indicaría que habían sido cosechadas en España, pues es muy poco probable que las papas cosechadas en Sudamérica en marzo-abril fueran consumidas en Europa después de septiembre.



**Figura 1.** Diversidad de colores y formas en distintos cultivares de patata.

La introducción de la papa en Canarias podría haberse realizado probablemente entre los años 1550 y 1560 (Ochoa, comm. pers.). Pero hasta la actualidad, las citas más fiables son las que hacen referencia a la década de los sesenta del siglo XVI (Hamilton, 1934; Lobo-Cabrera, 1988; Hawkes y Francisco-Ortega, 1993). En cualquier caso, los primeros datos históricos (1560-1567) de la presencia de papas en Canarias son anteriores a la primera fecha de entrada en Europa (1573). Su expansión por Europa fue lenta, siendo los Países Bajos los que comenzaron a cultivarla con sentido económico hacia la década de 1620. En un principio, se empleó como planta ornamental y posteriormente comenzó a utilizarse como cultivo forrajero. A lo largo del siglo XIX, el cultivo de la patata crecía con rapidez en Irlanda y también en otras partes de Europa.

A nivel de especie, Hawkes (1967) considera que *Solanum stenotomum* Juz. & Bukasov podría ser la primera especie domesticada, como atestigua la gran similitud entre algunos de sus cultivares y ciertas especies silvestres, e incluso considera la posibilidad de que determinadas especies cultivadas diploides como *Solanum phureja* Juz. & Bukasov y *Solanum goniocalix* (Juz. & Bukasov) Hawkes pudieran proceder de selecciones de *S. stenotomum* hacia un periodo de latencia corto y un mejor sabor, respectivamente. Según Huamán (1998), *Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum* Hawkes es la papa predominante en latitudes norte ya que está adaptada a días largos, tiene grandes rendimientos y los tubérculos presentan una gran homogeneidad. Esta subespecie es menos común en

Sudamérica, donde *Solanum tuberosum* L. subsp. *andigena* Hawkes es la papa más importante. En los Andes es muy típico encontrar cultivares de la subsp. *andigena* mezclados con cultivares de otras especies. Asimismo, debido a que la papa tiene muchísimas especies afines silvestres, existen muchos casos en los que se encuentran éstas como malas hierbas entre las especies cultivadas. Algunos autores creen que la subespecie *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*, a la que se adscriben las variedades comerciales de amplia difusión, ha derivado de la subespecie *S. subsp. andigena* por adaptación de ésta a día largo (Salaman, 1985). No obstante, existen evidencias de que los clones cultivados en Europa descienden de importaciones de papas de la isla de Chiloe en Chile (Grun, 1990). El último trabajo de la introducción de la papa en Europa realizado por Ames y Spooner (2008), acaba de obtener la evidencia científica de que la papa andina persistió en Europa al menos hasta 1892, es decir, con posterioridad al desastre causado por el mildiu en los cultivos de papa irlandesa, y que las papas de Chiloe pertenecientes a la subespecie *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* ya existían en Europa con anterioridad al mismo. Una conclusión similar se puede obtener del trabajo realizado por Ríos et al. (2007).

Respecto a las primeras variedades de patata en Europa, el irlandés George Rye en 1730 publicó en su obra "*Considerations on agriculture*" la primera relación de variedades, describiendo un total de cinco: Blanca de Riñón, Blanca Redonda, Amarilla, Roja Redonda y Negra. En 1771, Antoine Parmentier mostró 13 variedades en su publicación "*Traité sur la culture et les usages des pommes de terre*". Por su parte, Enrique Doyle describió un total de 11 en su obra de 1797 "*Tratado sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas o papas*". En la novena edición del tratado "*The gardener's and botanist's dictionary*" de Philip Miller, publicada en 1807, el botánico Thomas Martyn elevó la relación a 43. El recuento de cultivares realizado por la Sociedad Imperial de Agricultura de Francia ascendió a 110 en 1810. Peter Lawson, en el trabajo "*Agriculturist's manual*" de 1836, describe ya 146 variedades y la colección realizada por Vilmorin en 1846 citaba un total de 177, que en 1880 ascendían ya a 630. Durante el último cuarto del siglo XIX y las primeras décadas de 1900, el número de variedades identificadas en Europa continuó ascendiendo hasta sobrepasar los 2000 cultivares en la década de 1920 (Rouselle et al., 1996). A pesar de que la introducción de variedades mejoradas ha relegado a las variedades locales a un segundo plano, su cultivo a pequeña escala se ha mantenido en determinadas regiones por su mejor adaptación a las condiciones de cultivo, sus características organolépticas o sus aptitudes culinarias.

### **19.2.2. Variedades locales de patata en España**

#### **Variedades de Canarias**

Las primeras introducciones de patata en Canarias podrían ser pertenecientes a la subespecie *S. tuberosum* subsp. *andigena*, tanto por las descripciones, como por los herbarios conservados. Así mismo, según Hawkes y Francisco Ortega (1993), un barco que embarca-

se las papas de Chiloe (*S. tuberosum* subsp. *tuberosum*), no era capaz de llegar a Europa con las papas en buen estado, lo que es confirmado aún más por el hecho de que los viajes directos por el Estrecho de Magallanes no habrían de producirse hasta 1579. Sin embargo, Ríos et al. (2007) cuestionan este probable único origen, determinando una alta probabilidad de que pudieran existir cultivares de papas en Canarias introducidas de forma paralela de los Andes y de Chiloe, siendo difícil determinar el origen concreto de todos los cultivares de papas que hoy se cultivan en estas islas, pues además se han producido numerosas entradas de papas europeas a lo largo de los dos últimos siglos. Así mismo, tal como establecen Spooner y Hetterscheid (2005), las papas podrían haber sido introducidas en Europa no sólo como tubérculos, sino como plantas en macetas o semillas sexuales, hecho este muy probable en aquella época.

Las variedades que hoy existen en el viejo continente difieren significativamente de aquellas primeras entradas, ya que agricultores y mejoradores han ido seleccionando los genotipos más adaptados y con mejor calidad y producción. Pero en Canarias, el proceso no ha sido el mismo, ya que existen múltiples cultivares locales que se asemejan a los de los países andinos, y que son multiplicados generación tras generación (Figura 2). Esto hace pensar que descienden de los primeros tubérculos que llegaron a las Islas procedentes de América (Huamán, 2002; Ríos, 2002).

Algunos de las variedades citadas por Álvarez-Rixo (1868), son coincidentes en su denominación con las actuales: Negra del Sur, Blanca del Ojo Azul, Melonera o Amarillosa, Blanca Rosada que dicen Peluquera, Triste o Violada, Blanca Montañera, Colorada Montañera, Borralla, Violada o Morada, Blanca con Vetas Encarnadas u Ojo de Perdiz, Blancas con Vetas Violadas, Sietecueros, Encarnada Sucia, Canaria Encarnada con Ojos Blancos, Londreras y Norteras, Londreras y Norteras de Color Acarminado, Encarnadas de Lanzarote o Bonitas y Moradas de Lanzarote.

Muy posteriormente, en su trabajo "*Estudio, Descripción y Clasificación de un Grupo de Variedades Primitivas de Patata Cultivadas en las Islas Canarias*", Zubeldia et al. (1955) confirman la presencia de 7 cultivares pertenecientes a *S. subsp. andigena* Hawkes (Bonita, Bonita Ojo de Perdiz, Bonita Colorada, Bonita Negra y Tormenta o Bonita Sietecueros), 2 cultivares de *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* Hawkes (Peluca Rosada y Moruna) y un cultivar triploide encuadrado taxonómicamente en la especie *Solanum mamilliferum* Juz. & Bukasov, conocido localmente como Negra, hoy formando parte del heterogéneo grupo de la especie *Solanum chaucha* Juz. & Bukasov, lo que es corroborado posteriormente por Hawkes y Francisco-Ortega (1993).

Chico (1986) confirma lo establecido por Zubeldia et al. (1955), señalando además la presencia de cultivares de más reciente introducción probablemente procedentes de América debido a las altas corrientes migratorias desde Canarias. Marrero (1992; 2007) en el primer

trabajo etnobotánico realizado a través de entrevistas a agricultores establece una clasificación de los cultivares para toda Canarias, diferenciando entre las siguientes:

Cultivares autóctonos del grupo *Andigena*, derivados de los primeros que llegaron a Canarias desde mediados del siglo XVI. Marrero engloba aquí Azucenas, Coloradas (sinonimias: De Baga, Baga Colorada o Bonita Rosada Tardía), Bonitas (sinonimia: Marruecas), de diversos tipos (Blanca, Colorada, Negra, Ojo de Perdiz) Corralera, Blanca Yema de Huevo (sinonimia: Papa de Huevo), Negra Yema de Huevo (sinonimia: Papa de Huevo), Palmeras, Borralla y Torrenta Cultivar triploide Negra (sinonimias: Negra Ramuda, Negra del Sur, Negra Yema de Huevo) afín a *S. mamilliferum*.

Cultivares actuales sudamericanos del grupo *Andigena*, que en las últimas décadas han ido llegando desde distintas regiones de Venezuela, Colombia, etc. Los cultivares citados son Andina, Brasileña, Caraqueña, Colombiana y Venezolana. Los cultivares Venezolana y Andina fueron introducidos desde Venezuela por los emigrantes retornados desde el estado de Mérida a finales de los años 70 y principios de los 80 del siglo XX.

Cultivares autóctonos del grupo *Tuberosum*, llegados desde Europa hacia el siglo XVIII y XIX.

Cultivares comerciales tradicionales europeos del grupo *Tuberosum*, llegados desde Inglaterra, Holanda, Irlanda, etc.

Cultivares comerciales actuales del grupo *Tuberosum* cuya “semilla” procede del norte de Europa (Irlanda del Norte, República de Irlanda, Escocia y Dinamarca) y también en los últimos años desde Chipre y Egipto.



**Figura 2.** Variedades de patata consideradas autóctonas de las Islas Canarias: A) Azucena Negra, y B) Venezolana Negra, Palmera Lagarteada y formas raras.

Con respecto al grupo b) establecido por Marrero (1992; 2007) cabe destacar que el cultivar conocido como Venezolana o Andina Negra que procede de Venezuela, concretamente de la región de Mérida, y cuya característica morfológica más destacable es el tubérculo morado con anteojos de color marrón claro, es una obtención mejorada en base a una población isogénica con diferentes resistencias (heladas, enfermedades fúngicas, etc.) lograda en Venezuela por el Dr. Mittelholzer a principios de los años 70 del siglo XX, a partir de material seleccionado de *S. tuberosum* subsp. *andigena*, a la cual se denominó Merideña (Estrada-Ramos, com. pers.). Álvarez y Gil (1996) confirmaron la presencia aún en los campos de Tenerife de los cultivares estudiados por Zubeldia et al. (1955). Gil (1997) basándose en lo descrito por Zubeldía sitúa dentro de la subespecie *S. tuberosum* subsp. *andigena* los siguientes cultivares; Terrenta, Azucena Negra, Azucena Blanca, Borralla, Bonita Blanca, Bonita Negra, Bonita Llagada, Bonita Colorada, Bonita Ojo (de) Perdiz, y Colorada de Baga. Cedrés (1998), confirmó de forma preliminar la triploidía de la variedad Negra, ubicándola dentro de la especie *S. chaucha*.

En 1996 Álvarez y Gil clasificaron y localizaron los cultivares de la isla de Tenerife, diferenciando: 1) papas correspondientes a variedades locales cuya antigüedad se desconoce, que pertenecen en principio por sus características morfológicas a la subsp. *andigena* o a la especie *S. chaucha*) papas introducidas a lo largo del siglo XX procedentes probablemente del Reino Unido, cuya semilla se ha dejado de importar hace muchísimos años y se conserva únicamente por la labor de los propios agricultores, 3) papas traídas más recientemente por los emigrantes retornados de Sudamérica y 4) papas de importación reciente que continúan en la actualidad. En este sentido, Pérez et al. (1999) determinaron las diferencias entre los cultivares Peluca Negra, Negra, Palmera Negra y Borralla mediante marcadores microsatélites y los compararon con la variedad comercial King Edward. Estos autores encontraron agrupados los cultivares Negra y Borralla por una parte, y Peluca Negra y Palmera Negra por otra, así como que ambos grupos se unen y se diferencian muy claramente de la variedad comercial King Edward. La caracterización básica de 14 cultivares locales de la isla de Tenerife (Azucena Blanca, Azucena Negra, Bonita Blanca, Bonita Colorada, Bonita Llagada, Bonita Ojo de Perdiz, Bonita Negra, Colorada, Torrenta, Borralla, Mora, Negra, Andina Blanca y Andina Negra) realizada por Rodríguez (2000) mostró que 11 de estos cultivares tienen características propias de la subsp. *andigena* y 2 (Mora y Borralla), presentan tanto características propias de la subsp. *andigena* como de la subespecie *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*. En un conteo de cromosomas de los 14 cultivares confirma la triploidía del cultivar Negra, y la tetraploidía del resto de ellos.

Posteriormente, cabe destacar el trabajo realizado en 2002 por Ríos “*Caracterización morfológica y ecofisiológica de un grupo de cultivares locales de papas de Tenerife*”, el cual describe 43 entradas pertenecientes a diez grupos diferentes: Bonitas, Azucenas, Negras, Torrentas, Borrallas y/o Meloneras, Palmeras, Coloradas, Pelucas, Moras y Venezolanas y Andinas. Asimismo, realiza una caracterización ecofisiológica de dichos cultivares. Con-

tinuando con el trabajo de caracterización varietal, Barandalla et al. (2006) publicaron un estudio basado en la aplicación marcadores microsatélite a 41 cultivares de Tenerife, mostrando que las agrupaciones obtenidas mediante estas técnicas coinciden, en gran medida, con las descritas por Ríos (2002) a partir de caracteres morfológicos. Ruiz de Galarreta et al. (2007) caracterizaron con las mismas técnicas moleculares 14 cultivares de la Isla de La Palma, encontrando gran variabilidad entre ellos. Ríos et al. (2007) mediante 24 microsatélites descritos por varios autores y el marcador de DNA cloroplasmático de la delección a 241 bp, característico de los cultivares pertenecientes a la subespecie *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* (Hosaka, 2002), realizaron un primer estudio filogenético de las papas canarias. En este trabajo se analizaron 25 entradas de cultivares de Sudamérica provenientes de la colección del Centro Internacional de la Papa (CIP), de la región andina, como son 12 de *S. tuberosum* subsp. *andigena*, dos de *S. chaucha*, cuatro de *S. stenotomum*, dos de *S. phureja* y tres *outgroups* formados por dos entradas de la especie silvestre *Solanum bukasovii* Juz. & Bukasov y una de *Solanum chilliasense* Ochoa. Además se incluyeron cinco entradas del archipiélago de Chonos en Chile clasificadas en la subespecie *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*. Por último, incluyó 19 entradas de Canarias, previamente estudiadas por Ríos (2002) y Barandalla et al. (2006), y encuadradas en las diferentes especies existentes en Tenerife.

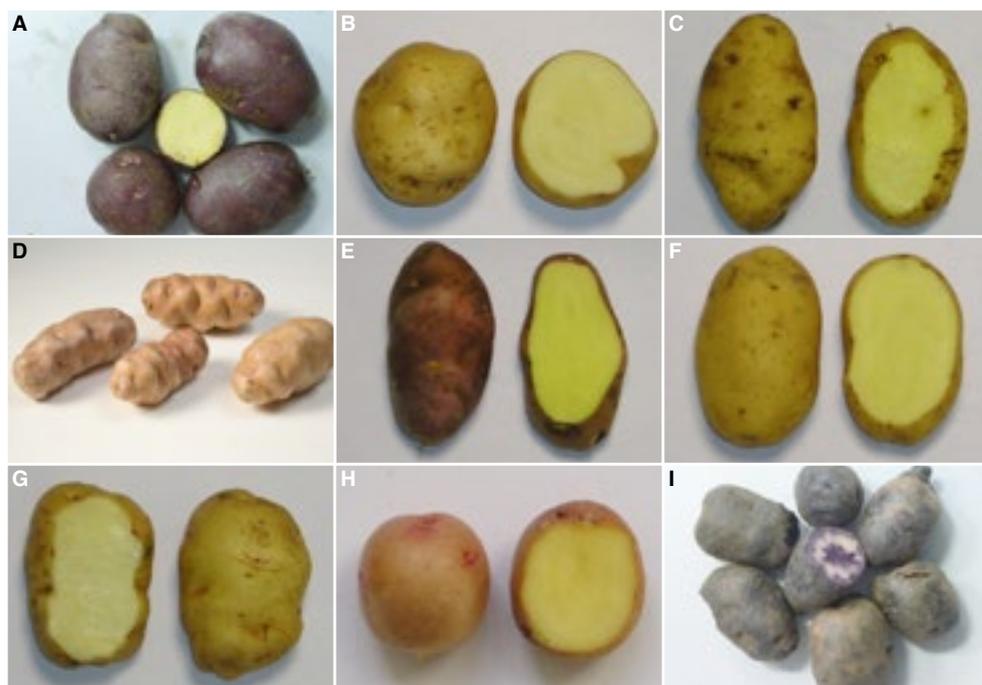
Los datos obtenidos en los últimos estudios, parecen indicar que Canarias es un Centro Secundario de la papa, pues en ellas existen un gran número de cultivares antiguos con cierta originalidad, cultivándose en la actualidad más de 1000 ha de los mismos (Ríos et al., 1999). Probablemente, la intervención y selección de nuestros agricultores durante siglos, el más que probable uso de la semilla sexual para su multiplicación tal como indica Viera y Clavijo (1866) y la posibilidad de que existieran otras especies en las Islas en el pasado, han originado una diversidad algo distinta a la de su Centro de Origen en América

### **Variedades de Galicia**

En distintas regiones españolas se han cultivado y mantenido variedades locales procedentes de las primeras introducciones cuyo origen exacto es desconocido (Figura 3). En la España peninsular, parece ser que Galicia fue la primera región en cultivar la patata hacia el siglo XVI. En esta Comunidad Autónoma hay tres zonas principales de cultivo incluidas en la IGP Patacas de Galicia con la antigua variedad Kennebec, registrada en 1948: A Limia (Ourense), Bergantiños (A Coruña) y A Terra Chá-A Mariña y Lemos (Lugo). Las principales variedades locales son la Fina de Carballo en Carballo, Cazona en Vilalba, Ganade en Xinzo de Limia y Habanera, oriunda de la zona de Valadouro. Entre ellas, la Fina de Carballo destaca por su gran calidad culinaria, con un precio de mercado un 20% superior al de la variedad comercial más extendida. Además de estas, el CRF del INIA ha prospectado en los últimos años otras variedades entre las que destacan las siguientes: Negra de Ortigueira, Louseira, De abundancia, Negra de Moeche, De libreta, Negra Coristanco, Nieta, De la Rabia, Roja Noia, De Rois y Fina Noia, las cuales se cultivan en pequeñas superficies.

### Otras variedades locales

Al igual que en Galicia, la variedad Kennebec posee el sello de calidad europea IGP patata de Prades en la comarca del Baix Camp, concretamente en los municipios de Prades, Capafonts, La Febró y Arbolí de Tarragona. En la comarca de Santa Eulària des Riu en Ibiza, se cultiva la variedad roja Ibicenca, de ciclo tardío, con ojos profundos y buena calidad culinaria, base de platos típicos como la ensalada payesa y patatas 'a lo pobre'. Otra variedad local de importancia es la patata del Bufé o Bufet, originaria de finales del siglo XIX y cultivada en el Pirineo y pre-Pirineo catalán, concretamente en las comarcas de Osona, Garrotxa, Ripollès, Cerdanya, Urgell y Solsonès. En Oris realizan una feria de mercado muy destacada. Existen dos variedades dentro de esta denominación, la Bufet Blanca y la Bufet Negra, de sabor algo dulce, siendo esta última de una mayor calidad organoléptica.



**Figura 3.** Variedades locales españolas: A) Negra de Ortigueira, B) Cazona, C) Ganade, D) Fina de Gredos, E) Roja Riñon, F) Pedro Muñoz G) Fina de Carballo H) Ibicenca I) De Rois.

En la zona de montaña de Salamanca y Ávila se cultiva una variedad denominada Fina de Gredos. Posee ojos profundos y piel rosada, siendo de buena calidad gustativa. En ocasiones aparece la carne con cierta pigmentación rosada. La variedad Copo de Nieve se considera autóctona de Sierra Nevada, cultivada entre 1000 y 2000 m de altitud en la provincia de Granada, en municipios como Nigüelas, Dúrcal y Güéjar Sierra. A estos tubérculos redondos y de color rosado se les suele denominar 'papas de la sierra'. Otras variedades locales

que se cultivan actualmente y están en proceso de expansión limitada son Pedro Muñoz, Roja Riñón, Alegría Oro y Ojo de Perdiz.

### **19.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

El Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (Neiker-Tecnalia) dispone actualmente de un Banco de Germoplasma con más de 300 variedades de patata y en torno a 80 especies silvestres del género *Solanum*, constituyendo el Banco de Germoplasma de referencia a nivel estatal y uno de los principales a nivel europeo de este cultivo. La información referente al conjunto de entradas disponibles puede consultarse en la dirección de Internet [www.germoplasma.net](http://www.germoplasma.net). Asimismo, las variedades de Tenerife y La Palma, se mantienen en el Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife del Cabildo de Tenerife en colaboración con la empresa Cultesa. Una copia de esta colección, se conserva mediante micropropagación en el Banco de Germoplasma de Neiker-Tecnalia. El conjunto de las variedades locales españolas se puede consultar en la base de datos del Inventario Nacional del Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA, <http://wwwx.inia.es/inventarionacional> y <http://wwwx.inia.es/coleccionescrf/PasaporteCRF.asp>, con sus datos de pasaporte. Ruiz de Galarreta y Ríos (2008) editaron el libro 'Variedades de patata y papas españolas' donde aparecen descritas y caracterizadas las más representativas. El mantenimiento se realiza mediante micropropagación con técnicas de cultivo *in vitro* y criopreservación. Asimismo, se conservan mediante multiplicación vegetativa parte de la colección de variedades de Neiker que aparecen en esta publicación.

### **19.4. Potencial de las variedades locales y utilización en programas de mejora**

Hacia 1930, la regeneración y multiplicación de variedades locales eran los principales objetivos de la Estación de Mejora de la Patata de Iturrieta (EMP). A lo largo de 1934, los escasos avances obtenidos con las variedades nacionales motivaron la importación de 41 variedades mejoradas procedentes en su mayoría de países europeos (Alemania, Holanda, Francia y Reino Unido), cifra que aumentó hasta 213 en 1950 (Zubeldía y López-Campos, 1954; Ubillos, 1960). Entre las variedades extranjeras más afamadas se citan: Marjolin, Rosa temprana, Royal o Inglesa, Hoja de ortiga y Blanchard, calificadas como tempranas. Otras como Canadá, Saucisse Rouge, Holandesa Roja, Copo de Nieve y Elefante Blanco, se caracterizaban por su ciclo tardío. Existían otras denominadas forrajeras para alimentación animal como Imperator o Institute Beauvais. También se han descrito variedades para extracción de fécula como Harinosa Roja y Victoria Augusta. Los ensayos realizados en la Granja de Iturrieta revelaron una buena adaptación de muchas de estas variedades, algunas de las cuales fueron renombradas e incluidas en el proceso de obtención de semilla certificada mediante selección clonal (Tabla 1). En 1941, el recién fundado Servicio Nacional de Semillas asumió la obtención de semilla de patata certificada, quedando a cargo de la EMP únicamente la producción de material base y prebase.

Las actividades rutinarias de mejora genética comenzaron a desarrollarse a partir de la década de 1940 en la EMP por parte de Miguel Ubillos con el objetivo de producir variedades de patata adaptadas a las condiciones y usos locales. Durante el periodo 1941-1957, los programas de cruzamientos incluyeron fundamentalmente variedades importadas (Blanca de Cernégula, Gobía, Furore, Sergen, Estimata o Basabe), así como algunas variedades locales de origen antiguo (Blanca Temprana, Cazona, Colorada de Lugo, Num501, Riojana Blanca, Rosa de Orense, Pedro Muñoz, Rama Azul o Valenciana).

**Tabla 1.** Variedades de origen foráneo renombradas en la EMP.

<b>Variedad original</b>	<b>Sinónimo EMP</b>
Ackersegen	Sergen
Alberta	Zubeldia
Allerfrüheste Gelbe	Palogán
Duke of Kent	Gauna Blanca
Erdgold	Gobía
Estimata	Arlucea
Flava	Alegría Oro
Industrie	Bezana (vc)
Institut de Beauvais	Blanca de Cernégula
Merkur	Álava
Oberarnbacher Frühe	Santa Lucía
Ragis 6002	Azaceta
Robijn	Basabe
Saucisse Rouge	Roja Riñón (vc)
Wekaragis	Alzania

vc: posible variación somaclonal

Los primeros estudios descriptivos de germoplasma de patata en España realizados durante la primera mitad de la década de 1950 se centraron en las variedades Canarias y en las primeras introducciones de cultivares mejorados (Zubeldia y López-Campos, 1954; Zubeldia et al., 1955). Los trabajos de caracterización de variedades nacionales realizados por Gerardo López-Campos y Alberto Zubeldia, plasmados en 1958 en la publicación “*Estudio y descripción de variedades antiguas de patata cultivadas en España*”, fueron determinantes por sus implicaciones en el uso de variedades locales en el incipiente programa de mejora de la EMP. Estas, a pesar de ser menos productivas y presentar algunas características agronómicas o morfológicas poco deseables, estaban mejor adaptadas y superaban a las foráneas en aptitud para cocción. De hecho, cinco de las variedades obtenidas durante este primer periodo (Duquesa, Eminencia, Marquesa, Mocita y Olalla) tenían como parental una

variedad antigua de origen local (Blanca Temprana y Pedro Muñoz) (Tabla 2). Algunas de las variedades registradas durante este primer periodo fueron extensamente caracterizadas en “*Pequeña historia de cinco variedades españolas*”, trabajo publicado por Miguel Ubillos en 1960. Los inicios y el desarrollo del programa de mejora de patata en la EMP fueron recopilados en el documento “*Obtención de nuevas variedades españolas de patata*” (Zubeldia y López-Campos, 1964).

A partir de mediados de la década de 1950, los objetivos del programa fueron diversificándose y reorientándose hacia precocidad y resistencia a estreses abióticos (Odriozola, 1955; Zubeldia, 1955; Zubeldia 1963). Durante el periodo 1958-1979, las variedades locales fueron cediendo protagonismo a determinados genotipos de diferentes especies de patata cultivadas como *Solanum acaule* Bitter, *Solanum demissum* L., *Solanum toralapanum* Card. & Hawkes, *S. tuberosum* subsp. *andigena* y *S. stenotomum* en los programas de cruzamientos, atendiendo a las nuevas estrategias y objetivos de mejora (López-Campos, 1956; Blanco y Úbeda, 1966).

**Tabla 2.** Variedades de patata obtenidas en la EMP hasta 1957.

<b>Variedad</b>	<b>Pedigree</b>
Duquesa	Blanca Temprana x Gobía
Eminencia	Blanca Temprana x (Aal x Ragis 7)
Goya	Blanca de Cernégula x Alegría Oro
Mari	Blanca de Cernégula x Alegría Oro
Marquesa	Blanca Temprana x Gobía
Mocita	Blanca Temprana x Gobía
Olalla	Álava x Pedro Muñoz
Turia	Blanca de Cernégula x Dolkowski's Regina
Víctor	Basabe x Bezana

Los trabajos desarrollados conjuntamente con la Estación de Horticultura de Valencia para obtener dos cosechas anuales (López-Campos, 1959) dieron sus frutos y en 1967 se obtuvieron tres nuevas variedades en los programas de precocidad (Aurea y Lora) y resistencia a la sequía (India) (Zubeldia, 1967). Las variedades obtenidas durante esta etapa fueron extensamente caracterizadas por Sánchez-Monge (1981), la Agrupación Nacional de Patata en 1974 y el Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero en 1984 (Ruiz de Galarreta, 2008) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Variedades de patata obtenidas en la EMP durante el periodo 1958-1979.

Variedad	Pedigree
Albaina	Desiree (vc)
Buesa	Palogán x Katahdin
Alda	Erntedank x Katahdin
Aurea (Gauna)	Erntedank x Katahdin
Ayala	Alda x Zubeldia
Belda	Palogán x Katahdin
Diba	Palogán x Kathadin
India	Sergen x Katahdin
Lora	Saskia x Katahdin
Iturrieta (Cima)	Palogán x Katahdin
Fénix	Kennebec x Palogán
Onda	Alda x Zubeldia

vc: posible variación somaclonal

Desde 1980, las características demandadas por la industria y los consumidores se han diversificado y en consecuencia, los programas de cruzamientos han tenido que adaptarse al surgimiento de nuevas necesidades (Sánchez-Monge, 1988). En este sentido, a lo largo de las últimas décadas han ido surgiendo diferentes subprogramas en la EMP (ya denominada CIMA y posteriormente Neiker) destinados a obtener líneas de mejora precoces, aptas para uso industrial, consumo doméstico y resistentes a estreses bióticos o abióticos o con elevadas concentraciones de nutrientes y compuestos bioactivos. Algunas de las variedades más destacables registradas durante este periodo son Zorba, Nagore y Gorbea (Ruiz de Galarreta et al., 2006). La empresa APPACALE inscribió en 2006 dos nuevas variedades denominadas Nela (Asun x Belleisle) y Jimena (Tomensa x Hermes). Miren y Entzia constituyen las incorporaciones más recientes al Registro de Variedades de patata, destacando por su buena aptitud para consumo doméstico y la presencia pigmentación morada respectivamente (Ruiz de Galarreta et al., 2015).

La gran variedad de genotipos utilizados durante este periodo incluye variedades obtenidas en España (Alda, Buesa o Jesús), líneas de mejora, variedades comerciales (Agría, Desireé o Spunta), variedades locales (Cazona o Pedro Muñoz), variedades nativas (Gloria o Serrana) y otras especies del género *Solanum*. Las variedades obtenidas desde 1980 hasta la actualidad se incluyen en la Tabla 4. La presencia de germoplasma de origen local se hace patente en variedades como Entzia (variedad local Jesús) o Miren (que tiene como parental Duquesa, una variedad obtenida en la EMP). La tendencia actual a incrementar la base genética de los cultivos constituye una nueva oportunidad para la utilización de variedades locales como fuente de variabilidad.

## 19.5. Logros y perspectivas

El potencial del uso de variedades nativas de patata en programas de mejora ha sido señalado por numerosos estudios (Burgos et al., 2007; Brown et al., 2007; Ritter et al., 2008). Actualmente hay diferentes experiencias en marcha con el objetivo de producir líneas de mejora con una composición nutricional mejorada o resistentes a plagas y enfermedades (Bradshaw et al., 2006; Jansky, 2010). La biofortificación para incrementar la concentración de hierro y zinc (Bonierbale et al., 2007), elevar el contenido de carotenoides (Haynes et al., 2011) y obtener clones avanzados resistentes a plagas (Flanders et al., 1992) constituyen algunos de los ejemplos más destacados del uso de variedades nativas en programas de mejora genética. A nivel nacional, la evaluación de cultivares locales españoles ha mostrado un gran potencial para la mejora genética, revelando cultivares con buena aptitud para fritura (Roja Riñón) resistencias a *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens y *Rhizoctonia solanii* Kühn (Jesús) o *Streptomyces scabies* (Thaxt.) Lambert and Loria (Fina de Carballo, Fina de Gredos, Jesús, Roja Riñón e Ibicenca) (Ruiz de Galarreta et al., 2015).

Por otra parte, han sido descritas numerosas resistencias en el germoplasma canario, incluyendo resistencias totales o parciales a *P. infestans* en hoja o tubérculo (variedades Mora, Venezolana Negra y Bonita Colorada), *Globodera pallida* (Stone) Behrens (variedades Azucena Negra, Bonita Ojo de Perdiz y Venezolana Negra) y *Pectobacterium atrosepticum* (Van Hall) Gardan (Azucena Negra, Bonita Colorada, Bonita Ojo de Perdiz, Mora, Terrenta y Venezolana Negra) (Alor et al., 2015).

**Tabla 4.** Variedades de patata obtenidas en la EMP durante el periodo 1980-2015.

Variedad	Pedigree
Eduerne	LT-1 x Buesa
Arene	Desirée x Baraka
Idoia	Serrana x Gloria
Iker	Alda x Blanka
Montico	Alda x Rosalie
Inca	Spunta x Aracy
Isla	Spunta x Aracy
Nagore	Desirée x Baraka
Nerea	Kennebec x Baraka
Zadorra	Onda x 81035/02
Zarina	CIP 324/04 x Cascade
Zela	Fanal x HT-2

Zepa	CIP 324/04 x Cascade
Asun	Kennebec x Palogán
Zunta	Palogán x Erdgold
Zorba	CIP 312/35 x Carola
Mikel	Palogán x Gobía
Irati	EMP91-52 x Asterix
Gorbea	V2 x Asun
Harana	Forelle x BYN-96
Leire	Navan x 8YN
Ikerne	Melissa x Iroise
Mirari	Forelle x BYN-96
Entzia	Jesus x N-180
Miren	Duquesa x BPVY

Asimismo, algunas variedades locales de las Islas Canarias tienden a acumular mayores concentraciones de potasio (K), hierro (Fe) y cobre (Cu) que las variedades importadas, por lo que podrían incorporarse con éxito a programas de mejora genética enfocados a la biofortificación de la patata (Casañas-Rivero et al., 2003). Recientemente, la caracterización de una colección de variedades locales, antiguas europeas y líneas de mejora obtenidas en Neiker mostró elevadas concentraciones de minerales, compuestos enólicos y carotenoides en determinados genotipos que fueron incorporados posteriormente al programa de mejora genética para calidad nutricional (Tierno et al., 2015). La tendencia actual a incrementar la base genética de los cultivos constituye una nueva oportunidad para la utilización de variedades locales como fuente de variabilidad.

## 19.6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en el marco de los proyectos INIA, RTA2013-00006-C03-01, RFP2012-0006 y por el Gobierno Vasco.

## 19.7. Referencias

- Alor N, López-Pardo R, Barandalla L, Ríos E, Ruiz de Galarreta JI. 2015. New Sources of Resistance to Potato Pathogens in Old Varieties of Canary Islands. *Pot. Res.* 58: 135-146.
- Ames M, Spooner DM. 2008. DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *Amer. J. Bot.* 95: 252-257.
- Álvarez CE, Gil J. 1996. Inventario de las papas presentes en la Isla de Tenerife y de los nombres que en ella reciben. Hoja divulgativa nº 5. Servicio de Agricultura. Cabildo

Insular de Tenerife.

- Álvarez-Rixo JA. 1868. Las papas: memoria sobre su introducción, cultivo, importación notable de su producto en estas islas, y recomendable cualidad para los navegantes por ser dicho tubérculo eficaz preservativo contra la enfermedad del escorbuto. Boletín de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Las Palmas de Gran Canaria, 68.
- Barandalla L, Ruiz de Galarreta JI, Ríos D, Ritter E. 2006. Molecular analysis of local potato cultivars from Tenerife Island using microsatellite markers. *Euphytica* 152: 283-291.
- Bonierbale M, Amoros W, Burgos G, Salas E, Juárez H. 2007. Prospects for enhancing the nutritional value of potato by plant breeding. En: African Potato Association Conference Proceedings, 22 al 26 de Octubre de 2007, 7: 26-46, Alejandría, Egipto.
- Blanco JL, Ubeda JL, 1966. Obtención de patatas resistentes a las heladas. *Anales INIA* 15: 575- 617.
- Bradshaw JE, Bryan GJ, Ramsay G. 2006. Genetic Resources (Including Wild and Cultivated *Solanum* Species) and Progress in their Utilisation in Potato Breeding. *Pot. Res.* 49: 49-65.
- Brown CR. 2008. Breeding for phytonutrient enhancement of potato. *Am. J. Pot. Res.* 85: 298–307.
- Buesa J. 1963. Cómputos de la propagación por familias II. *Anales INIA* 11: 261-286.
- Burgos G, Amoros W, Morote M, Stangoulis J, Bonierbale, M. 2007. Iron and zinc concentration of native Andean potato cultivars from a human nutrition perspective. *J. Sci. Food Agric.* 87: 668–675.
- Casañas-Rivero R, Suárez-Hernández P, Rodríguez-Rodríguez EM, Darias-Martín J, Díaz-Romero C. 2003. Mineral concentrations in cultivars of potato. *Food Chem.* 83: 247-253.
- Cédres M. 1998. Estudio agronómico y taxonómico de la papa negra en la isla de Tenerife. Tesis de Licenciatura. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna, Tenerife.
- Chico RJ. 1986. Estudio comparativo de variedades locales de papas. Tesis de Máster. Universidad Politécnica de Canarias, La Laguna, España.
- Doyle E. 1797. Tratado sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas o papas. Imp. D. Josef Collado, Madrid, España, 240 pp.
- Escribano F. 1960. El porcentaje de “fallos” y las cosechas. *Anales INIA* 9: 385-420.
- Flanders KL, Hawkes JG, Radcliffe EB, Lauer FI. 1992. Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical associations. *Euphytica* 61: 83–111.
- García-Orad A, Pérez de San Román F. 1971. Terapéutica de los virus “X” y “S” de la patata. *Anales INIA, Serie Prot. Veg.* 1: 81-114.
- Gil J. 1997. El cultivo tradicional de la papa en la isla de Tenerife. Asociación Granate. La Laguna, 160 pp.

- Grun P. 1990. The evolution of the cultivated potatoes. *Economic Botany* 44: 39-55.
- Hamilton E. 1934. American Treasure and the Price Revolution in Spain, 1501-1650. *Harvard Economic Studies*, vol XLIII, N° 2, 196 pp.
- Hawkes JG. 1967. The History of the Potato. En: *Journal of the Royal Horticultural Society*, Vol. 92.
- Hawkes JG. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Belhaven Press, Londres, Reino Unido, 259 pp.
- Hawkes JG, Francisco-Ortega J. 1993. The early history of the potato in Europe. *Euphytica* 70:1-7.
- Haynes KG, Clevidence BA, Rao D, Vinyard BT. 2011. Inheritance of Carotenoid Content in Tetraploid x Diploid Potato Crosses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136: 265-272.
- Hosaka K. 2002. Distribution of the 241 bp deletion of chloroplast DNA in wild potato species. *Am. J. Pot. Res.* 79: 119-123.
- Huamán Z. 1998. Colección, mantenimiento and evaluation of potato genetic resources. *Plant Varieties and Seeds* 11: 29-38.
- Huamán Z, Spooner DM. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). *Am. J. Bot.* 89: 947-965.
- Jansky S. 2010. Breeding for Disease Resistance in Potato, *En: Janick J. (ed.) Plant Breeding Reviews*, 19, John Wiley & Sons, Inc., Oxford (Reino Unido).
- Lawson P. 1836. The agriculturist's manual: being a familiar description of the agricultural plants cultivated in Europe W. Curry Jun. & Co., Dublín, Irlanda.
- Legorburu FJ, Ruiz de Galarreta JI, Pascualena J, Barandalla L, Ritter E. 2005. The history of potato research in Spain. 16<sup>th</sup> Triennial Conference of the European Association for Potato Research. Bilbao, España.
- Lobo-Cabrera M. 1988. El comercio canario europeo bajo Felipe II. Viceconsejería de Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias y Secretaría Regional de Turismo, Cultura e Emigração de Governo Regional da Madeira, Funchal.
- López-Campos G. 1955. Obtención de variedades resistentes a la sequía. *ASPAS* 17: 28-30.
- López-Campos G. 1956. Importancia y problemas de la creación de variedades más tolerantes a la sequía. *Agricultura* 25: 481-484.
- López-Campos G, Zubeldia A. 1958. Estudio y descripción de variedades antiguas de patata cultivadas en España. *Anales INIA* 7: 263-332.
- López-Campos G. 1959. Labor de la Estación de Horticultura de Valencia en la selección de futuras variedades de patata, procedentes de la Estación de Mejora de la Patata. *ASPAS* 30: 3-6.
- Marrero A. 1992. Cultivos tradicionales de papas en Canarias y su biodiversidad. En: *Proceedings of Ethnobotanical Congress of Córdoba*. Documento interno no publicado del Jardín Botánico de Canarias "Viera y Clavijo". Las Palmas de Gran Canaria, España. 14 pp.
- Marrero A. 2007. Cultivos tradicionales de papas en canarias. La otra biodiversidad.

- Revista Rincones del Atlántico 4: 262-273.
- Matsubayashi M. 1991. Phylogenetic relationships in the potato and its related wild species. En: Chromosome Engineering in plants: Genetics, Breeding and Evolution. Parte B. T. Tsuchiya y P.K. Gupta (Eds.) Elsevier Science Publishers.
  - Miller P, Martyn T. 1807. The gardener's and botanist's dictionary: Containing the best and newest methods of cultivating and improving the kitchen, fruit, and flower garden, and nursery; of performing the practical parts of agriculture; of managing vineyards, and of propagating all sorts of timber trees. F.C. y J. Rivington, Londres, Reino Unido.
  - Odriozola M. 1954. La filiosidad: una aclaración. ASPAS 13: 18-19.
  - Odriozola M. 1955. La Estación de Mejora de la Patata. Organización a partir de 1948. ASPAS 17: 5-8.
  - Parmentier A. 1789. Traité sur la culture et les usages des pommes de terre, de la patate, et du topinambour. Chez. Barrois, l'ainé, Libraire Quai des Augustins, 19, DCC LXXXIX, 390 pp.
  - Pérez JA, Maca N, Larruga JM. 1999. Expanding informativeness of microsatellite motifs through analysis of heteroduplexes: a case applied to *Solanum tuberosum*. Theor. Appl. Genet. 99: 481-486.
  - Pérez de San Román C, Legorburu FJ, Sanz A, Vela C, Cambra M. 1983. Serotyping of PVY and PVX with monoclonal antibodies. Pot. Res. 30: 166.
  - Ríos D, Suarez T, Hernandez D, Santos B. 1999. Ensayos de variedades de papa blanca. Campana 1999. Servicio de Agricultura. Cabildo Insular de Tenerife. 22 pp.
  - Ríos D. 2002. Caracterización morfológica y ecofisiológica de un grupo de cultivares locales de papas de Tenerife. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, España.
  - Ríos D, Ghislain M, Rodríguez F, Spooner DM. 2007. What Is the Origin of the European Potato? Evidence from Canary Island Landraces. Crop Sci. 47:1271-1280.
  - Ritter E, Barandalla L, López R, Ruiz de Galarreta JI. 2008. Exploitation of Exotic, Cultivated *Solanum* Germplasm for Breeding and Commercial Purposes. Pot. Res. 51: 301-311.
  - Rodríguez-Sardiña J, García-Orad A, Pérez de San Román F. 1957. Some observations about techniques of diagnosing potato leafroll virus. En: Proceedings of the Third Conference on Potato Virus Diseases, del 24 al 28 de Junio, 3: 59-70, Lisse-Wageningen, Holanda.
  - Rodríguez C. 2000. Características morfológicas de catorce variedades de papa tradicionales de Tenerife. Tesis de Licenciatura. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna. Tenerife, España.
  - Rouselle P, Robert Y, Crosnier JD. 1996. La pomme de terre: Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. INRA, París, Francia.
  - Ruiz de Galarreta JI, Pascualena J, Legorburu FJ, Barandalla L, Ritter E. 2006. The history of potato in Spain. Pot. Res. 49: 19-25.
  - Ruiz de Galarreta JI, Barandalla L, Lorenzo R, Gonzalez J, Rios DJ, Ritter E. 2007.

- Microsatellite variation in potato landraces from the island of La Palma. *Span. J. Agric. Res.* 5: 186-192.
- Ruiz de Galarreta JI. 2008. Antecedentes y situación actual de la investigación española en patata: red nacional de innovación. En: III Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata: Avances en Ciencia y Desarrollo de la Patata para una Agricultura Sostenible, del 5 al 10 de Octubre de 2008, 3: 19-21, Vitoria-Gasteiz, España.
  - Ruiz de Galarreta JI, Ríos D. 2008. Variedades de patata y papas españolas. Vitoria-Gasteiz, España, 192 p.
  - Ruiz de Galarreta Gómez JI, Tierno R, Castaño C, Herrán C, García de Vicuña M, 2015. Miren y Entzia, dos nuevas variedades de patata obtenidas en Neiker-Tecnalia. *Tierras* 225: 39-43.
  - Ruiz de Galarreta JI, López R, Tierno R, Alor N, Barandalla L, Haase NU, Ritter E. 2015. Disease Resistance and Nutritional Properties of Tuber-Bearing Native Potato Species and Old Spanish Cultivars. *J. Agric. Sci. Tech.* 17: 935-947.
  - Rye G. 1730. Considerations on agriculture. George Grierson, Two Bibles in Effex-Street. MDCCXXX, Dublín, Irlanda, 192 pp.
  - Salaman RN. 1985. The potatoes of America and their relation on the early european varieties. En: *The History and social influence of the potato*. J.G. Hawkes (Ed.) Cambridge University Press.
  - Sánchez-Monge MA. 1981 La obtención de nuevas variedades en la Estación de Mejora de la Patata. *EMP* 251-257 p.
  - Sánchez-Monge MA. 1988. La investigación sobre patata (*Solanum tuberosum* L.) en España (1933-1988). *Anales Aula Dei* 19: 45-54.
  - Sañudo A. 1963. Estudios citogenéticos en el género *Solanum*, series *Cardiophylla* y *Pinnatisecta*. II. *Anales INIA* 11: 157-190.
  - Spooner DM, Hetterscheid WLA. 2005. Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. En T. J. Motley et al. (ed.) *Darwin's harvest: New approaches to the origins, evolution and conservation of crops*. Columbia Univ. Press, New York: 285-307.
  - Tierno R, López A, Riga P, Arazuri S, Jarén C, Benedicto L, Ruiz de Galarreta JI. 2015. Phytochemicals determination and classification in purple and red fleshed potato tubers by analytical methods and near infrared spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.* DOI 10.1002/jsfa.7294
  - Ubillos M. 1960. Pequeña historia de cinco variedades españolas. *Anales INIA* 9: 359-383.
  - Ugent D. 1970. The Potato, *Science* 179: 1161-1166.
  - Viera y Clavijo J. 1866. *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias*. Excm. Mancomunidad de Cabildos de Las Palmas. (Ed. de 1982 ampliada con Cuad. IX de 1942). Las Palmas de Gran Canaria, España.
  - Zubeldia A, López-Campos G. 1954. Observaciones sobre la floración y fructificación de 40 variedades de patata (*Solanum tuberosum* L.). *Boletín INIA* 14: 47-73.
  - Zubeldia A. 1955. Obtención de variedades precoces. *ASPAS* 17: 25-27.

- Zubeldia A, López-Campos G, Sañudo A. 1955. Estudio, descripción y clasificación de un grupo de variedades primitivas de patata cultivadas en las Islas Canarias. INIA Cuad 33: 287-324.
- Zubeldia A. 1963. Selection of young potato seedlings for earliness. Eur. Pot. J. 6: 178-185.
- Zubeldia A. 1964. II Conferencia trienal de la EAPR. ASPAS 54: 7-10.
- Zubeldia A, López-Campos G. 1964. Obtención de nuevas variedades españolas de patata: (1951-1960). Ministerio de Agricultura, 228 pp.
- Zubeldia A. 1967. Tres nuevas variedades españolas de patata. ASPAS 63: 13-19.

## 20. Tomate

---

**Salvador Soler<sup>1\*</sup>, María Figàs<sup>1</sup>, María José Díez<sup>1</sup>, Antonio Granell<sup>2</sup>  
y Jaime Prohens<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV), Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, 14. 46022 València.

<sup>2</sup>Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP), Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, 14. 46022 València.

\*salsoal@btc.upv.es

### 20.1. Introducción

### 20.2. Principales variedades locales

### 20.3. Variedades locales conservadas en colecciones

### 20.4. Variedades locales con interés para su recuperación

#### 20.4.1. La conservación de las variedades tradicionales de tomate

#### 20.4.2. Las variedades tradicionales de tomate como una alternativa rentable

### 20.5. Potencial de las variedades locales en mejora

#### 20.5.1. Como fuentes de variación

#### 20.5.2. Como receptores de variación

### 20.6. Logros y perspectivas

#### 20.6.1. Variedades locales de tomate consolidadas como alternativa rentable

#### 20.6.2. Importancia de las variedades tradicionales de tomate como alternativa rentable dentro de una agricultura sostenible

#### 20.6.3. Un salto cualitativo para la valorización de las variedades locales de tomate: el proyecto TRADITOM

### 20.7. Agradecimientos

### 20.8. Referencias

## 20.1. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) no fue conocido en Europa hasta que lo trajeron los españoles después de su llegada a América (Rick, 1976). Fue cultivado inicialmente sólo como planta ornamental, porque sus frutos eran considerados venenosos (Costa y Heuvelink, 2005). Esto retrasó su implantación como cultivo de importancia económica en muchos países durante casi dos siglos (Carravedo y Ruiz, 2005). Sin embargo, desde mediados del siglo XVI, era cultivado y consumido en Europa del sur, difundiéndose por el noroeste de Europa a finales del siglo XVIII (Costa y Heuvelink, 2005). Más tarde se extendió por el resto de Europa. Así, se aprecia gran diversidad de formas, tamaños y colores en las representaciones de los herbarios de la época. Petrus Matthioli (1501-1577), hizo en 1554 una de las primeras descripciones del tomate, haciendo referencia a su uso en la gastronomía de la época (Carravedo y Ruiz, 2005). Boutelou y Boutelou (1801) publicaron en su Tratado de la Huerta: “los tomates se cultivan en todas las huertas y jardines de España con notable abundancia” mientras que “en los países extranjeros es una planta aún poco conocida”. En la segunda parte del siglo XVIII, se tuvo noticias de su uso cocido para hacer salsas en Francia y Alemania. A lo largo del siglo XIX su utilización se generalizó en toda Europa (Carravedo y Ruiz, 2005).

A partir de las primeras formas de tomate introducidas en España en el siglo XVI fueron originándose las distintas variedades locales o tradicionales que hoy conocemos. Estas son el resultado de su cultivo continuado por el agricultor en un determinado ambiente. Este proceso continuo de evolución basado en la selección y adaptación durante cientos de años por parte de los agricultores de las diferentes zonas hortícolas españolas ha posibilitado el desarrollo de una serie de variedades locales de tomate con unas características peculiares. En este sentido, estas variedades tienen un gran valor como patrimonio etnobotánico y recurso genético que merece la pena conservar (Zeven, 2002). Muchas de estas variedades no sólo se caracterizan por unas excelentes propiedades organolépticas, sino que tienen una morfología deseable al contar, en el caso de algunas variedades, con corazones de gran tamaño y lóculos pequeños que aportan solidez y consistencia al fruto. Otras veces las variedades tradicionales han sido seleccionadas por presentar frutos ahuecados para ser rellenados o por tener una carne suave y melosa. La mayoría de estas variedades tiene un carácter marcadamente local y con un riesgo de desaparición muy elevado. Hay que tener en cuenta que su conservación depende, en muchos casos, de un número reducido de agricultores a tiempo parcial y/o de avanzada edad, que desde siempre han cultivado este tipo de variedades en pequeñas explotaciones. El hecho de que estas explotaciones tengan una escasa o nula proyección comercial (autoconsumo), ocasiona que el riesgo de desaparición de estos materiales sea aún mayor. Afortunadamente, muchos de ellos se encuentran conservados en bancos de germoplasma.

La conservación *in situ* y la valorización de las variedades tradicionales pasa por potenciar su cultivo en sus zonas de origen (Figàs et al., 2015a). La generalización de este tipo de conservación en nuestro país depende de que se tenga la intención y capacidad de poner en valor las variedades tradicionales de tomate en nuestros territorios agrícolas, mediante la recuperación de su explotación comercial, y a la vez contribuir al mantenimiento de la rentabilidad agraria de explotaciones agrícolas (Casañas, 2006; Soler et al., 2010). En cuanto a la adaptación a las condiciones agroclimáticas locales, esta característica es fundamental para el desarrollo de productos de alto valor añadido que pueden constituir alternativas rentables para los agricultores de esos territorios (Casañas, 2006). Así, las variedades locales de tomate son un material vegetal muy idóneo para el desarrollo de productos asociados a marcas de calidad o denominaciones de origen (Escrivá et al., 2010; Prohens et al., 2016), generando productos de alto valor añadido en el mercado.

## 20.2. Principales variedades locales

El tomate es un cultivo fenotípicamente muy diverso, presentando frutos con distintas formas, tamaños, colores, sabores y texturas. Una vez en Europa, el cultivo se adaptó a unas nuevas condiciones ambientales, y también a los gustos y usos de los nuevos agricultores y consumidores. Los distintos procesos de adaptación, intercambios entre agricultores, selecciones de poblaciones heterogéneas, hibridaciones, etc., produjeron una diversificación de formas y tipos. Así, se desarrollaron diversas variedades de tomate adaptadas a cada una de las múltiples condiciones agroclimáticas de nuestro país y también a los gustos de los distintos pueblos y culturas de España.

En las últimas décadas, se ha realizado un esfuerzo considerable en la caracterización de colecciones de germoplasma de tomate tradicional en distintas comunidades autónomas (Tabla 1). Estos trabajos han permitido identificar y catalogar los principales tipos varietales de tomate tradicional presentes a lo largo de la geografía española. En la Tabla 2 aparece una relación de las denominaciones varietales de tomate local más emblemáticas o conocidas en cada una de las comunidades autónomas. Hay que tener en cuenta que cuando analizamos en detalle los catálogos publicados en algunas comunidades autónomas, el número de denominaciones utilizadas es mucho mayor. Esto es debido a que un determinado tipo varietal como el “Morado”, frutos con color rosado fuerte o incluso marrón oscuro, puede aparecer citado como “Morado”, “Negrilla” o “Moruno”, entre otras denominaciones (Moreno et al., 2010). En este sentido, en la Tabla 2 se recogen las denominaciones generales y las más emblemáticas o consolidadas dentro de la horticultura española.

En algunas comunidades existe un gran número de tipos varietales cultivados, como es el caso de las de Andalucía, Catalunya, Murcia o València. Éstas presentan áreas agrícolas más o menos dispersas, algunas de ellas de gran tradición histórica. Son zonas con una proyección hortícola destacada y donde se han ido originando, unas veces, por selección

y diferenciación, y otras, por introducción desde otros lugares, un acervo considerable de variedades locales de características muy diversas.

También en estos territorios la climatología más benigna para el cultivo del tomate ha ocasionado una mayor proliferación de variedades. En otros casos, con una tradición hortícola muy importante, la cantidad de tipos varietales es menor, debido a una menor intensidad del trasiego de materiales vegetales y unas condiciones climáticas menos ventajosas. Es el caso de Aragón, con 4 tipos varietales principales, aunque destaca el tipo Rosa de Barbastro con un impacto económico muy importante en la actualidad (Aguar et al., 2014).

**Tabla 1.** Estudios de caracterización de variedades tradicionales de tomate en España en los últimos 20 años.

<b>Comunidad Autónoma</b>	<b>Número de entradas estudiadas</b>	<b>Referencia</b>
Andalucía	39	Navarro, 2011
Andalucía	4	Díaz del Cañizo et al., 2000
Andalucía	4	García et al., 2000
Andalucía	6	Soriano et al., 2000
Andalucía	3	González et al., 2002
Andalucía	3	Jiménez et al., 2010
Aragón	163	Carravedo, 2006
Aragón	63	Carravedo, 2012
Baleares	171	Bota et al., 2014
Canarias	6	Amador et al., 2010
Canarias	59	Amador et al., 2012
Cantabria	4	García et al., 2013
Cantabria	4	García et al., 2014
Castilla-La Mancha	106	Moreno et al., 2006
Galicia	13	Rivera et al., 2010
Galicia	17	Taboada et al., 2015
Murcia	14	Egea-Sánchez et al., 2008a
Murcia	10	Egea-Sánchez et al., 2008b
Navarra	22	Aguado et al., 2006
País Vasco	93	Carravedo y Ruiz de Galarreta, 2005
País Vasco	12	Sauca y Ruiz, 2006
Valenciana	8	Domínguez, 1998
Valenciana	103	Cebolla-Cornejo, 2005
Valenciana	16	García-Martínez et al., 2013
Valenciana	103	Cebolla-Cornejo et al., 2013
Valenciana	70	Figàs et al., 2014
Valenciana	166	Cortés-Olmos et al., 2015

Un caso distinto es el de Canarias con una elevada proyección económica en el cultivo del tomate y con 9 tipos varietales (Tabla 2). En esta región, parece ser que las variedades locales proceden del cruzamiento entre variedades de origen inglés y americano, y posterior diferenciación y selección por parte de los agricultores, Así se generaron lo que en Canarias denominan “variedades antiguas”, “del país” o “del terreno” (Amador et al., 2012).

Hay algunas comunidades en que la diversidad de variedades tradicionales es menor. Es el caso de Cantabria, Asturias, Rioja, Extremadura, Castilla-La Mancha o Castilla-León. En todos estos casos hay que tener en cuenta que la climatología juega en contra de la proliferación de las zonas hortícolas y por tanto de la diversidad de variedades locales. Un caso especial lo constituye Balears. En estas islas existen distintos tipos de tomate como el “De Ramellet”, “Banyalbufar”, “Tres Cantos” o “De Pruna”, este último también conocido con este nombre en la Comunitat Valenciana. Sin embargo, el primero es el que más abunda con una gran variedad de morfologías y tamaños de fruto (Bota et al., 2014).

**Tabla 2.-** Tipos varietales de tomate tradicional más representativos de cada una de las comunidades autónomas del estado español.

Comunidad Autónoma	Tipo Varietal	Número de Tipos varietales
Andalucía	Caqui, Colgar, Conserva, Corazón de toro, Huevo de toro, Muchamiel, Pimiento, Roteño.	8
Aragón	Conserva, Morado, Rosa de Barbastro, Zaragozaano	4
Asturias	Cherry asturiano, De la Vega de Calamocha	2
Balears	De Ramellet, Banyalbufar, Tres Cantos, De Pruna	4
Canarias	Cagón, Canario, Conserva, Huevo de Gallo, Manzana negra, Moscatel, Perita, Martina, De Caña Morada	9
Cantabria	Tomate liso redondo, tomate acostillado, tomate grande, tomate rosa.	4
Castilla-La Mancha	Conserva, Moruno, Pimiento	3
Castilla-León	Amarillo, Conserva,	2
Catalunya	Bombilla, Colgar, Conserva, Esquena verd, Montserrat, Palosanto, Pare Benet, Poma, Pometa, Tres Caires	10
Extremadura	Colgar, Pera	2

Galicia	Avoa, Amarante, Apementado, Convento, Corazón de Miño, Negro, Monforte, De Corno.	8
Rioja	Acorazonado	1
Madrid	Gordo, Picudo, Pera, Morado, Moruno	4
Murcia	Conserva, Baladre, Huevo de Paloma, Muchamiel, Pera, Pimiento	6
Navarra	Corazón de Fitero, Cuarenteno, Kilo, Morado,	4
País Vasco	Borratxo de Aretxabaleta, Mokoluce, Pera	3
Valenciana	Amarillo, Colgar, Conserva, Cuarenteno, Baladre, Mutxamel, Pruna, Pimentó, Valenciano	9

Cuando hablamos de variedades tradicionales de tomate es necesario tener en cuenta la denominación de las mismas. Así, muchas veces se le denomina con distintos nombres a una misma variedad local o con un mismo nombre a variedades con características muy parecidas pero no similares. Es el caso del tomate de conserva. Este tipo varietal obedece, normalmente a un tomate con forma obovoide o elíptica de color rojo intenso. Sin embargo, en unas comunidades autónomas se le denomina “De Pera” o “Perita”, como en Canarias, Murcia, Extremadura o País Vasco; “De Conserva”, como en Andalucía, Aragón, Canarias, Castilla-La Mancha, Castilla-León, Catalunya, Balears, Murcia o Valenciana y en otros sitios se le puede denominar incluso “De Pruna”, caso de comunidades como la Valenciana, Catalunya e Illes Balears. Otro caso es el de los tomates morados o rosas que reciben distintas denominaciones dependiendo de la comunidad autónoma, incluso dentro de una misma comunidad (Moreno et al., 2000). Así, podemos encontrar tomates morados en Aragón, Castilla-La Mancha, Madrid, Navarra y València; pero en alguna de estas comunidades, como en Castilla-La Mancha se les denomina “Morunos”, al igual que en la Valenciana, donde también se les suele denominar “Elxeros” (Cebolla-Cornejo, 2005).

Otro problema que se produce durante la catalogación de variedades locales de tomate es que muchas veces no corresponden los resultados de caracterización con los datos de pasaporte, obtenidos durante las labores de prospección y recolección del germoplasma. Así, en distintos trabajos de caracterización y catalogación podemos ver como entradas recolectadas como tomate “Moruno” corresponden con frutos morados o morados-rosaceos, pero también se asocia este nombre a frutos con una clara coloración roja. Otras veces se plantean ambigüedades cuando el nombre del tipo varietal hace referencia a su origen territorial. Así, en algunas localidades del interior de València, se pueden encontrar variedades locales denominadas por los agricultores como “Valenciano” o “Tomata Valenciana”. Cuando se caracterizan estas entradas, hay ocasiones en que la descripción obtenida no corresponde con este tipo varietal, caracterizado por presentar frutos grandes, carnosos y apuntados.

No obstante, el agricultor no faltaba a la verdad cuando decía que el tomate que cultivaba era “Valenciano”.

La coexistencia de distintas denominaciones para un mismo tipo varietal hace necesaria, sobre todo para la recuperación y promoción de las variedades locales de tomate, una rigurosa identificación y catalogación de los tipos presentes en cada territorio o comunidad autónoma, a partir de las colecciones de germoplasma existentes. A este respecto es importante la realización de estudios sobre la diversidad que presentan las variedades locales de tomate y sus consecuencias sobre las actividades a realizar para la conservación de las mismas mediante su cultivo (García-Martínez et al., 2012; Figàs et al., 2015a; Cortes-Olmos et al., 2015).

### **20.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

Un trabajo prioritario para la recuperación y promoción de las variedades locales de tomate es la catalogación de las colecciones de germoplasma a través de su caracterización agronómica y morfológica. Esto permite, como resultado inmediato, el establecimiento de los tipos varietales existentes en los territorios o zonas colectadas. Será de interés también establecer a partir de los datos de pasaporte de las colecciones existentes, y de las caracterizaciones realizadas, la necesidad o conveniencia de prospectar y recolectar otros territorios.

Según datos disponibles en el Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, en las colecciones del Programa Nacional de Conservación y Utilización de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación (PCURF) en España se conservan 4132 accesiones de tomate. Estas entradas se encuentran distribuidas en distintas colecciones conservadas en distintas instituciones y organismos como el COMAV (1560 entradas), CITA (1382 entradas), La Mayora (677 entradas), CCBAT (74 entradas), IMIDRA (10 entradas) e IRFAP (54 entradas) (Tabla 3).

Estas cifras se reducen algo si nos fijamos en el número de entradas de estas colecciones que efectivamente corresponden a variedades locales de tomate de origen con 2973 entradas de variedades locales de tomate de toda España. Además de éstas, hay otras colecciones mantenidas por asociaciones, fundaciones, redes de intercambio de semillas, y ONGs.

**Tabla 3.** Colecciones de germoplasma de tomate (*S. lycopersicum* L.) en España.

Institución	Nº de entradas	
	Datos Inventario Nacional	Otras colecciones
COMAV <sup>1</sup>	1560	
CITA <sup>2</sup>	1382	
IHSM LA MAYORA <sup>3</sup>	677	
FMA-UPC <sup>4</sup>	375	
CCBAT <sup>5</sup>	74	
IRFAP <sup>6</sup>	54	
IMIDRA <sup>7</sup>	10	
UCLM <sup>8</sup>	-	280 <sup>13</sup>
BAGERIM-IMIDA <sup>9</sup>	-	205 <sup>14</sup>
UIB-DB <sup>10</sup>	-	198
CIAM <sup>11</sup>	-	19 <sup>15</sup>
NEIKER <sup>17</sup>		90
CIFA <sup>12</sup>	-	15 <sup>16</sup>
TOTAL	4132	

<sup>1</sup>Institut de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón.

<sup>3</sup>Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea "La Mayora" (Málaga).

<sup>4</sup>Fundació Miquel Agustí - Universitat Politècnica de Catalunya.

<sup>5</sup>Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife.

<sup>6</sup>Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera de Les Illes Balears (Mallorca).

<sup>7</sup>Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario.

<sup>8</sup>Universidad de Castilla-La Mancha.

<sup>9</sup>Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.

<sup>10</sup>Universitat de les Illes Balears-Departament de Biologia.

<sup>11</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo.

<sup>12</sup>Centro de Investigación y Formación Agraria.

<sup>13</sup>Comunicación personal Marta Moreno.

<sup>14</sup>Comunicación personal Elena Sánchez.

<sup>15</sup>Comunicación personal Alfredo Taboada.

<sup>16</sup>Comunicación personal Eva García Méndez.

<sup>17</sup>Comunicación personal JI Ruiz de Galarreta.

## **20.4. Variedades locales de tomate con interés para su recuperación**

### **20.4.1. La conservación de las variedades tradicionales de tomate**

A partir de la década de 1960, teniendo en cuenta el nuevo modelo de agricultura intensiva que acabó imperando en España, hubo que aumentar las producciones de tomate y suministrar producto fuera de estación, con el fin de satisfacer el crecimiento de la demanda durante todo el año. Esto generó la necesidad de disponer de variedades comerciales competitivas altamente productivas. Así, los primeros trabajos de mejora dieron lugar a variedades híbridas F1 (Nuez, 2001). Aunque el cultivo de este tipo de variedades permite alcanzar producciones muy elevadas, y disponer de producto fresco en todas las estaciones del año, ha supuesto en las últimas décadas el desplazamiento y desaparición de muchas variedades tradicionales de tomate.

Se plantea ahora el reto de recuperar una variabilidad genética pérdida en gran medida en los últimos 15-20 años, debido al cultivo por parte de los agricultores de variedades comerciales mejoradas; fundamentalmente híbridas F1. Así, en distintas comunidades autónomas ha ido aumentando en los últimos 10-20 años el interés en la recuperación y utilización de las variedades tradicionales autóctonas de tomate. En esta labor, es muy interesante aprovechar la rusticidad y el grado de adaptación de las variedades tradicionales al entorno donde se han desarrollado. Esta facultad, las convierte en un material muy adecuado para su cultivo en sus zonas de origen y así poder conservarlas de forma activa a través de su explotación comercial (Lázaro et al., 2014). Para potenciar la conservación de estas variedades tradicionales es muy interesante recuperar su cultivo en sus zonas de origen dándole un valor añadido (Figàs et al., 2015b). Además, este tipo de conservación permite la interacción entre estas variedades, el medio ambiente y el agricultor.

La puesta en valor de las variedades tradicionales de tomate en España pasa en primer lugar por una labor integral de caracterización agronómica, morfológica, nutricional y de valoración sensorial de los materiales prospectados en las distintas comunidades autónomas. Esta caracterización permitirá por una parte la catalogación de los materiales existentes e identificación de los más prometedores para su puesta en cultivo y por tanto su recuperación. Sin embargo, en esta identificación es muy común encontrar duplicados. Además, aunque se ha realizado y se está realizando una labor muy importante de publicación de catálogos de variedades locales en algunas comunidades autónomas como en el País Vasco (Carravedo y Ruiz, 2005), Aragón (Carravedo, 2006; Carravedo, 2012), Castilla-La Mancha (Moreno et al., 2006), Canarias (Amador et al., 2012) o Madrid (Lázaro et al., 2014); aún existen muchas regiones sin tener un inventario de los materiales colectados y zonas prospectadas. Disponer de esa información nos permitirá conocer aquellas zonas con una prospección deficiente o ausente, sobre las que habrá que trabajar e identificar los mejores materiales de tomate tradicional con los cuales acometer programas de valorización.

Una cuestión importante en la recuperación del cultivo de las variedades tradicionales es su elevada susceptibilidad a enfermedades. Esto es especialmente importante en el caso de las enfermedades de nueva introducción frente a las cuales no están adaptadas. Así, aunque las variedades locales de tomate tienen la ventaja de ser materiales caracterizados por una muy buena calidad organoléptica y otros caracteres deseables como la carnosidad, suelen presentar una generalizada susceptibilidad a enfermedades de origen fúngico (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* o *Verticillium dahliae*) y especialmente a enfermedades de etiología viral (Soler et al., 2010). Para la recuperación y promoción de las variedades tradicionales de tomate, es pues necesaria la puesta en marcha de programas de mejora genética de la resistencia a las enfermedades que limiten su cultivo en sus zonas de origen y de explotación comercial (García-Martínez et al., 2012, 2015).

#### **20.4.2. Las variedades tradicionales de tomate como una alternativa rentable**

En el contexto agrícola actual, los horticultores españoles que se dedican al cultivo de variedades locales de tomate, con parcelas de relativamente reducido tamaño y con elevados costes de mano de obra, se ven desbordados por la oferta de producciones de otros países o zonas productoras españolas con menores costes de producción, frente a las que es muy difícil competir. Sin embargo, se ha producido en los mercados un cambio de una agricultura de cantidad a una agricultura de calidad (Casañas, 2006). Los consumidores españoles valoran de forma creciente la calidad interna de las hortalizas en lugar de la calidad visual o aspecto exterior y la producción local, sobre todo si el precio de venta es razonablemente no mucho más elevado. Esta situación se ve favorecida por la deficiente calidad organoléptica de las actuales variedades comerciales de tomate (Cebolla-Cornejo, 2005).

En este contexto, es crucial para el agricultor disponer de la fidelidad del consumidor hacia su producto (variedad local), en base a unas características morfológicas que permitan diferenciarlo de los demás productos existentes en el mercado, pero también por unas características de calidad interna, organoléptica y si es posible nutricional y nutracéutica (contenido en vitamina C, licopeno y compuestos fenólicos). Estas últimas características pueden contribuir a la diferenciación del producto y sobre todo valorarlo, frente a los demás con los que compite en el mercado. Así, cada vez más, existen asociaciones de productores y cooperativas que apuestan por poner en el mercado productos de calidad organoléptica excepcional. Es precisamente estas cualidades de sabor y calidad las que sirven a estos agricultores para presentar al consumidor un producto alimenticio de élite, diferenciado y único. Como se ha citado, los agricultores se basan en características externas, fundamentalmente morfológicas, para enfatizar el carácter único de su producto. Es el caso del acostillado en el fruto de tomate de la variedad tradicional "Mutxamel" o el apuntamiento del fruto en la variedad "Valenciano", o el color rosado de la variedad "Rosa de Barbastro". Para acabar de perfilar el diseño de un producto atractivo para el consumidor puede ser muy interesante asociarle características organolépticas de sabor y mejor aún, características

saludables como un elevado contenido en vitaminas o sustancias antioxidantes beneficiosas para la salud (Figàs et al, 2015b). Frente a este tipo de productos hortícolas el consumidor puede estar dispuesto a consumirlos pagando precios a veces bastante más elevados que los correspondientes a las variedades hortícolas comerciales.

## **20.5. Potencial de las variedades locales de tomate en mejora**

### **20.5.1. Como fuentes de variación**

Las variedades locales de tomate españolas presentan distintos atributos que hacen que puedan constituir fuentes de variación para determinados caracteres que actualmente constituyen objetivos de mejora importantes en los programa de mejora genética del tomate.

En algunos trabajos de caracterización de variedades locales de tomate se ha podido constatar como tipos varietales como el “De Penjar” constituyen una fuente de variación para la mejora postcosecha y la mejora de la resistencia al estrés hídrico (Galmés et al., 2013, Bota et al., 2014). En este sentido se están realizando trabajos con el tipo varietal “De Penjar” para determinar las secuencias genómicas implicadas en atributos de larga vida y resistencia al estrés hídrico que presenta este tipo de tomate.

Uno de los atributos más interesantes de las variedades tradicionales de tomate es su calidad interna tanto organoléptica, como nutritiva. De esta forma, las variedades locales de tomate presentan en general una excelente calidad organoléptica. Así, es importante tener en cuenta que representan una amplia variabilidad genética y por tanto son muy interesantes como fuente de variación para la mejora de la calidad interna de las variedades modernas de tomate.

Las cualidades organolépticas de las variedades locales de tomate guardan una relación directa con su composición química, especialmente en el contenido de azúcares reductores y ácidos orgánicos, que van a variar con la variedad considerada y el grado de madurez del fruto (Casals et al., 2015). El aroma, por otra parte, está determinado por sustancias volátiles que a pesar de su bajísima concentración son detectados por los órganos gustativos y olfativos y confieren al tomate unas cualidades organolépticas peculiares. Así en las variedades locales españolas se ha encontrado una amplia diversidad en la composición de compuestos de interés organoléptico, nutricional, funcional y aromático (Adalid et al., 2005; García-Martínez et al., 2012; Cortés-Olmos et al., 2015; Figàs et al., 2015b). Por ejemplo, se han identificado niveles de compuestos antioxidantes muy interesantes en variedades locales de tomate del tipo “De Penjar” (Figàs et al., 2015b). También en determinadas variedades locales de tomate de frutos grandes, se han encontrado contenidos de licopeno muy interesantes, resultando también muy prometedores por su contenido en  $\beta$ -caroteno (Adalid et al., 2005; Roselló et al., 2005). No obstante, existe mucho germoplasma de variedades

tradicionales por evaluar, que puede ser muy interesante para la mejora de la calidad interna, tanto en su componente organoléptica como nutritiva.

En esta labor de mejora, la caracterización analítica de las propiedades organolépticas en las colecciones de variedades locales, es un aspecto muy importante para la utilización futura en programas de mejora. El desarrollo de técnicas analíticas adecuadas nos permitirá sustituir la evaluación sensorial humana por una caracterización instrumental con un alto grado de sensibilidad, precisión y automatización. Por tanto, es necesaria la comparación entre datos analíticos de diferentes genotipos de tomate y las percepciones sensoriales de paneles de catadores entrenados para establecer umbrales de criterios de selección para los compuestos implicados en el sabor del tomate tradicional (Roselló y Nuez, 2006).

Las características excepcionales de calidad organoléptica y nutricional están siendo aprovechadas en la actualidad para el desarrollo de nuevas variedades comerciales de tomate que incorporen estos atributos de calidad. En este sentido, se están desarrollando programas de mejora, en los que a partir de determinadas variedades locales de tomate españolas se pretende obtener variedades con nuevas combinaciones de forma y color, y que presenten con la mayor intensidad posible las características de calidad organoléptica, nutritiva y de carnosidad-jugosidad típica de las variedades locales. El objetivo es que adicionalmente, presenten un buen comportamiento agronómico y sean competitivas, incorporando resistencia a determinadas enfermedades de etiología fúngica o vírica de gran incidencia en nuestro país.

### **20.5.2. Como receptores de variación**

En los últimos años se ha hecho popular en foros de mejora genética el término “valorización” de variedades locales o tradicionales de tomate. Este término hace referencia al conjunto de actividades destinadas a la recuperación y promoción de variedades locales de tomate. Dentro de estos programas de valorización se planifican actividades a distintos niveles. En primer lugar, es necesaria la caracterización de distintos materiales del tipo varietal objetivo. En este punto se plantea una actividad muy importante, consistente en la selección de aquellas entradas de una determinada variedad local que muestren las mejores características agronómicas conforme a los cánones que definen el tipo varietal tradicional correspondiente. Para esto es necesaria también la tipificación de la variedad local con la que se está trabajando. Una vez tipificada y seleccionados los mejores materiales es interesante mejorarlos para aquellos caracteres que limiten su rentabilidad en sus zonas de explotación comercial.

En la actualidad se están realizando programas de mejora y valorización con distintas variedades locales de tomate españolas. Es el caso de los tomates “Valenciano d’El Perelló” y “de Penjar d’Alcalà de Xivert” (Figàs et al., 2015c). Con estas dos variedades se está

realizado un programa de valorización en el Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV) que incluye la mejora de la resistencia a virosis y hongos que las afectan de forma importante (Figàs et al., 2015c; Soler et al., 2015). También en el caso de los tomates “De la Pera” y “Mutxamel”, cultivados en Alicante, se ha conseguido desarrollar materiales con muy buen comportamiento agronómico que incorporan resistencia a virosis en la Universidad Miguel Hernández (García-Martínez et al., 2015). Otro ejemplo lo constituye los trabajos de mejora realizados con los tomates “Pera de Girona” y “Montserrat” en la Fundació Miquel Agustí en Catalunya (Casals et al., 2010; Casals, 2012) y con el tomate “Rosa de Barbastro” en el CITA de Aragón (Aguiar et al., 2014). La ejecución exitosa de estos programas de mejora está en algunos casos, y puede en un futuro, poner a disposición de los agricultores productos que constituyen alternativas rentables en un contexto agrícola cada vez más competitivo y complicado y que mantienen las características típicas de la variedad local.

## 20.6. Logros y perspectivas

### 20.6.1. Variedades locales de tomate consolidadas como alternativa rentable

Existen, en España, algunos casos de variedades tradicionales que están haciéndose un lugar en el mercado, constituyendo alternativas muy interesantes para los agricultores desde el punto de vista de la rentabilidad económica. Es el caso de los tomates “Valenciano d'El Perelló”, “de Penjar d'Alcalà de Xivert”, “De la Pera” y “Mutxamel” en la Comunitat Valenciana (Figàs et al., 2015a y b; García-Martínez et al., 2015); los “Pera de Girona” (Casals, 2012) y el “Montserrat” (Casals et al., 2010) en Catalunya o el “Rosa de Barbastro” (Aguiar et al., 2014) en Aragón, entre otros.

El tomate tipo “Valenciano” (Figuras 1 y 2) constituye un producto de calidad interna excepcional y características externas peculiares, que le confieren un carácter diferenciado y único. Estas circunstancias están posibilitando que el mercado ofrezca en todas las campañas precios bastante elevados por la variedad tradicional “Valenciano” frente a las variedades comerciales normales (Figura 1). Existen organizaciones de productores como la Cooperativa Unió Protectora del Perelló que ha decidido apostar por la explotación del tipo varietal “Valenciano”. Así, este tomate se está consolidando como alternativa rentable para muchos agricultores de la comarca valenciana de la Ribera Baixa. Este tomate se puede recolectar en estado pintón sin comprometer el que el fruto alcance un rojo intenso cuando madura y conserve unas excepcionales características de calidad organoléptica. Esto permite la comercialización de este tipo varietal en áreas bastante alejadas de su zona de producción, como las zonas consumidoras de grandes ciudades como Barcelona, Zaragoza o Madrid. Este tipo varietal presenta frutos que tienen lóculos pequeños distribuidos de forma irregular en torno a un corazón de sección circular y de gran tamaño. Estas circunstancias dan al fruto una gran solidez y carnosidad. Esta última característica es uno de los atributos de calidad

más importante del tomate “Valenciano” y que permite su comercialización sin presentar problemas de dañado del fruto.



**Figura 1.** Frutos de tomate del tipo varietal “Valenciano” (izquierda) y mostrador de un puesto de venta del Mercado Central de València donde puede verse el precio que alcanza en algunas épocas del año (derecha).



**Figura 2.** Racimo de frutos del tipo varietal “Valenciano”.

El tipo varietal “Mutxamel” (Figura 3) presenta frutos grandes, aplastados, más o menos acostillados, que se cultivan fundamentalmente en Alacant y Murcia. Su principal uso es el consumo en fresco, y tiene unas excepcionales características organolépticas. Sin embargo, son sensibles a las principales virosis que afectan al tomate, lo que hace prácticamente imposible su cultivo. En 1998 se empezó en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández un programa de mejora para la introducción de genes de resistencia a las tres virosis más importantes que afectan al cultivo del tomate en el sureste español: virus del mosaico del tomate (*Tomato mosaic virus*, ToMV), el virus del rizado amarillo del tomate o de la cuchara (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV), y el virus del bronceado del tomate (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV). El método elegido ha consistido en una introgresión asistida por marcadores moleculares. Así se dispone de líneas que presentan resistencia a cada una de estas virosis (García-Martínez et al., 2015). Este grupo de investigación también ha trabajado en el tomate “De la Pera”, de cultivo en el territorio

valenciano de Oriola (Vega Baixa), con el objetivo de introducir los genes de resistencia a las tres virosis citadas. Así, también se dispone líneas de tomate “De la Pera” con resistencia a estas enfermedades (Rubio, 2015).



**Figura 3.** Racimo de frutos del tipo varietal “Mutxame”.

El tipo varietal “De Penjar” (Figura 4) constituye otro caso de variedad tradicional de tomate consolidada como alternativa rentable para los agricultores valencianos. Las características peculiares del cultivo del tomate “De Penjar”, al presentar larga vida, unido a la elaboración artesanal de este producto y a las particularidades geológicas y climatológicas del término de Alcalà de Xivert, municipio del territorio valenciano de Castelló, ha conseguido diferenciar sustancialmente este tomate de los que se producen en nuestro país. Es un producto que ha encontrado un buen mercado, sobre todo en Catalunya, absorbiendo la casi totalidad de la producción de Alcalà de Xivert.



**Figura 4.** Racimo de frutos del tipo varietal “De Penjar” y presentación de frutos de esta variedad para colgar.

En el 2007 se creó la Asociación de Productores y Comercializadores de Tomata de Penjar de Alcalà de Xivert para revalorizar este tipo de tomate. La asociación consiguió en diciembre de 2008 la Marca de Calidad CV para la “Tomata de Penjar d’Alcalà de Xivert”. Con esta marca, concedida por la Generalitat Valenciana, se distingue y pone en valor la singularidad

de este tomate único y se autentifica su calidad. La “Tomata de Penjar d’Alcalà de Xivert” debe principalmente sus cualidades organolépticas al clima y al agua utilizada para su cultivo. Por ello las auténticas variedades que conforman esta marca de calidad de tomate deben provenir del término municipal de Alcalá de Xivert (Castelló). La salinidad moderada del agua de riego contribuye a otorgar a estos tomates su particular sabor. En la actualidad, se está trabajando en la tipificación y valorización de sus atributos (Figàs et al., 2015c), así como en la mejora genética para resistencia a ToMV y *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Soler et al., 2015).

Dos de las variedades locales de tomate más difundidas y populares en Catalunya son “Montserrat” y “Pera Girona” (Figura 5). El tomate “Montserrat” posee unos frutos de forma irregular-aplanada, de color rosado, de lóculo hueco y de gran tamaño. Su producción se concentra principalmente en la Catalunya central y en la comarca del Maresme. En las comarcas de Girona se cultiva principalmente la variedad “Pera Girona”, la cual guarda grandes similitudes morfológicas y organolépticas con Montserrat (Casals, 2012). El equipo de investigación de la Fundació Miquel Agustí (FMA) desarrolla desde el año 2005 un programa de mejora genética para obtener nuevos cultivares del tipo “Pera Girona”. Su principal objetivo es obtener nuevas variedades con comportamiento agronómico y perfil sensorial superior. Los trabajos realizados por el equipo incluyen: colecta de germoplasma y conservación *ex situ*; caracterización de las entradas para su comportamiento agronómico, morfológico y sensorial. Así se ha obtenido la nueva variedad Montgrí de tomate tipo “Pera Girona” (Casals et al., 2010). Dicha variedad está siendo cultivada en la actualidad por numerosos agricultores del Baix Llobregat y el Maresme.



**Figura 5.** Racimo de frutos del tipo varietal “Montserrat” (izquierda) y del tipo varietal “Pera de Girona” (derecha).

El tomate ‘Rosa de Barbastro’ presenta un color rosáceo característico, piel muy fina, pulpa suave y compacta y sobre todo muy aromáticos y de notable sabor (Figura 6). Durante mucho tiempo, sólo era posible adquirir tomates ‘Rosa de Barbastro’, fundamentalmente en los pueblos de la comarca aragonesa de Barbastro. En esta comarca del Somontano aragonés,

se ha cultivado durante siglos este tomate rosa de excepcional calidad de forma totalmente natural y artesanal, en la Huerta de Barbastro (Huesca). El conjunto de características descritas para el tomate “Rosa de Barbastro” ha posibilitado su puesta en el mercado durante los últimos años como un producto de calidad interna excepcional y características externas peculiares, que le confieren un carácter diferenciado y muy interesante a nivel comercial. Con el fin de dar respuesta al sector productor del tomate “Rosa de Barbastro” sobre la necesidad de homogeneización del material vegetal, para mejorar el nivel de renta de los hortelanos y la calidad de la oferta de este producto en el mercado, a partir del año 2010 se inició un programa de selección y mejora con este tipo de tomate (Aguiar et al., 2014).



**Figura 6.** Racimo de frutos del tipo varietal “Rosa de Barbastro”.

#### **20.6.2. Importancia de las variedades tradicionales de tomate como alternativa rentable dentro de una agricultura sostenible**

Teniendo en cuenta que los sistemas de cultivo de la agricultura tradicional donde han evolucionado las variedades tradicionales son de bajos insumos, éstas pueden ser muy adecuadas para el empleo por los agricultores que de forma creciente se van incorporando a los sistemas de producción agrícola sostenible ecológica. Esto puede ser muy interesante para potenciar el uso de las variedades locales de tomate, teniendo en cuenta que, en nuestro país la superficie de cultivo ecológico se ha incrementado de forma sustancial desde las 4.235 ha en 1991 a las 1.610.129 ha en 2011 (Magrama, 2016).

Así, la agricultura de bajos insumos y ecológica, puede constituir un apoyo a la recuperación del cultivo de variedades tradicionales de tomate, ya que éstas constituyen un material adecuado para estos tipos de sistema de cultivo. Las variedades tradicionales están adaptadas a las condiciones agroclimáticas de la zona donde fueron obtenidas, mostrando en estas condiciones un comportamiento óptimo. Igualmente, las excepcionales características de calidad de estos materiales, debido a su selección durante años, concuerdan con las exigencias del consumidor de los productos ecológicos, que busca un producto tradicional que destaque por sus características de calidad interna y no por su apariencia exterior.

No obstante, aunque la agricultura de bajos insumos puede ser un punto de apoyo a la recuperación del cultivo de las variedades tradicionales de tomate valencianas, su puesta en valor pasa de forma necesaria en focalizar sus características de calidad y sus excelencias por encima del sistema de cultivo empleado en su explotación comercial. Como se ha resaltado anteriormente en distintos ejemplos de variedades locales de tomate españolas, las variedades tradicionales presentan unos atributos de calidad destacados, lo cual conduce en muchos casos a la obtención de mayores precios de venta en el mercado. Sin embargo, la inestabilidad de las producciones debido a la incidencia de enfermedades, así como los menores rendimientos obtenidos con este tipo de variedades, hace imprescindible que se aseguren esos mayores precios de venta y que se pongan en marcha programas de selección y mejora genética como ya se ha citado.

Así, la valorización de este tipo de variedades pasa, por una parte, por la selección agronómica de los materiales disponibles y su mejora frente a las enfermedades que condicionan su rentabilidad. En el caso de las variedades tradicionales de tomate hay tres virosis de especial importancia: las causadas por el ToMV, el TSWV y el TYLCV-TYLCSV. En los dos casos mencionados se dispone de genes de resistencia que incorporan las variedades comerciales y que han contribuido a reducir los efectos limitantes de la producción de estas virosis. La incorporación de estos genes de resistencia en variedades tradicionales permitiría potenciar su cultivo y convencer a muchos agricultores de la rentabilidad que pueden presentar estas variedades tradicionales. En la actualidad, como ya se ha comentado en el caso del tomate “Mutxamel” y “De la Pera”, se dispone de selecciones que incorporan genes de resistencia a las virosis mencionadas (García-Giménez et al., 2015; Rubio, 2015).

Por otra parte, es muy interesante asociar a este tipo de productos tradicionales marcas de calidad establecidas por las distintas administraciones públicas. Se trata de evitar que aquellos productos que han adquirido una cierta reputación, se vean perjudicados por imitaciones con unos niveles de calidad inferiores. La asociación de marcas de calidad como la Denominación de Origen Protegida (DOP), Indicación Geográfica Protegida (IGP) o Especialidad Tradicional Garantizada (ETG) contribuye a afianzar su diferenciación como producto y a su protección frente a imitaciones (Escrivá et al., 2010). En el caso de las variedades locales de tomate, el “Tomate De Penjar D’Alcalà de Xivert” que dispone desde 2008 de la marca de calidad CV otorgada por la Generalitat Valenciana, constituye un ejemplo de este tipo de estrategia para conseguir su valorización. Adicionalmente, la realización de una caracterización genética y obtención de una huella genética constituirán herramientas de protección frente a los fraudes o imitaciones de los productos tradicionales.

### **20.6.3. Un salto cualitativo para la valorización de las variedades locales de tomate: el proyecto TRADITOM**

Desde el proyecto del programa H2020 “Traditional tomato varieties and cultural practices: a case for agricultural diversification with impact on food security and health of European population” (TRADITOM), con vigencia 2015-1018 y coordinado desde España (Antonio Granell, IBMCP-CSIC), se plantea una apuesta decidida de futuro en el marco de un proyecto de investigación e innovación que se centra en la identificación y valoración de las variedades tradicionales de tomate de Europa y sus prácticas culturales. El proyecto comprende el estudio de más de 1400 variedades tradicionales europeas, muchas de las cuales son españolas. En el marco del proyecto, dentro de la colaboración con el sector productivo, se pondrá a disposición de los agricultores y la industria relacionada con el sector, los materiales tradicionales más interesantes.

Hasta el momento se ha realizado la caracterización morfológica, agronómica y de calidad de las colecciones de variedades locales de tomate de España, Italia, Francia y Grecia. En base a la caracterización citada y al genotipado (en realización) de este germoplasma, se generará una colección nuclear de variedades locales de tomate europeas. Esto permitirá proteger y valorizar las mejores variedades tradicionales de tomate. El proyecto TRADITOM sigue un enfoque de dos vías. Por una parte, identificar y explotar las características que hacen que estas variedades tradicionales sean más atractivas para el mercado. Así, algunas variedades tradicionales superan a los cultivares modernos en términos de sabor, vida útil y resistencia a la sequía. Por otra parte, pretende superar los “puntos débiles” de las variedades tradicionales en términos de rendimiento y resistencia a patógenos a través de la selección de aquellos materiales más interesantes desde un punto de vista productivo. Una adecuada selección de aquellos materiales que reúnan los atributos de cada tipo varietal, al tiempo que incorporen resistencia a las principales enfermedades que les afectan, será una garantía del éxito y recuperación de las variedades tradicionales de tomate en los mercados europeos.

## **20.7. Agradecimientos**

El proyecto TRADITOM está siendo financiado dentro del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea (contrato N° 634561).

## 20.8. Referencias

- Adalid A, Roselló S, Cebolla-Cornejo J, Nuez F. 2005. Evaluation and selection of *Lycopersicon* accessions for their high carotenoid and vitamin C content. XV Meeting of the EUCARPIA Tomato Working Group.
- Aguado G, Del Castillo JA, De Galdeano JS, Urribari A, Sádaba S. 2006. Variedades locales de tomate. Comportamiento en invernadero. Navarra Agraria. pp. 27-34.
- Aguiar M, Bruna P, Llamazares A, Mallor C. 2014. Evaluación de material vegetal seleccionado de tomate Rosa de Barbastro (*Solanum lycopersicum* L. Actas de Horticultura del VII Congreso de Mejora Genética de Plantas, Zaragoza. p. 201.
- Amador L, Ríos D, Rodríguez B, Parrilla M, Rodríguez E, Díaz C. 2010. Lycopene content in local cultivars of Canary Islands. 28th Intern. Horticultural Congress, Portugal.
- Amador L, Santos B, Ríos D. 2012. Variedades tradicionales de tomate de Canarias. Cultivos y Tecnología Agraria de Tenerife, Tenerife. 233 pp.
- Bota J, Conesa MA, Ochogavia JM, Medrano H, Francis DM, Cifre J. 2014. Characterization of a landrace collection for Tomàtiga de Ramellet (*Solanum lycopersicum* L.) from the Balearic Islands. Genetic Resources and Crop Evolution, 61: 1131-1146.
- Boutelou C, Boutelou E. 1801. Tratado de la huerta ó método de cultivar toda clase de hortalizas. Reedición 1998. Librerías París-València S.L., València.
- Carravedo M. 2006. Variedades autóctonas de tomate de Aragón. Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza. 238 pp.
- Carravedo M. 2012. Variedades autóctonas de tomates de Aragón. Centro de Investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza. 76 pp.
- Carravedo M, Ruiz de Galarreta JI. 2005. Variedades autóctonas de tomate del País Vasco. Colección LUR nº7. 131 pp.
- Casals J. 2012. Filogènia i variabilitat genètica de les varietats tradicionals de tomàquet (*Solanum lycopersicum* L.) Montserrat/Pera de Girona i Penjar. Estratègies per a la millora de la seva qualitat organolèptica. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. 95 pp.
- Casals J, Martí R, Casañas F, Cebolla-Cornejo. 2015. Sugar-and-acid profile of Penjar tomatoes and its evolution during storage. Scientia Agricola, 72: 314-321.
- Casals J, Bosch L, Casañas F, Cebolla J, Nuez F. 2010. Montgrí, a Cultivar within the Montserrat Tomato Type. HortScience, 45:1885-1886.
- Casañas F. 2006. Varietats tradicionals, obtenció de cultivars amb característiques organolèptiques superiors i agricultura en espais periurbans Catalans. Quaderns Agraris, 30: 117-127.
- Cebolla-Cornejo J. 2005. Recuperación de variedades tradicionales de tomate y pimienta: caracterización y mejora genética. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, Valencia. xx pp.
- Cebolla-Cornejo J, Roselló S, Nuez F. 2013. Phenotypic and genetic diversity of Spanish

- tomato landraces. *Sci. Hortic.* 162:150–164.
- Cortés-Olmos C, Valcárcel JV, Roselló J, Díez MJ, Cebolla-Cornejo J. 2015. Traditional Eastern Spanish varieties of tomato. *Scientia Agricola*, 5: 420-431.
  - Costa JM, Heuvelink E. 2005. Introduction: the tomato crop and industry. En: Heuvelink E. *Tomatoes. Crop production science in horticulture series: 13.* CABI publishing. London. pp. 1-21.
  - Díaz del Cañizo MA, Guzmán GI, Soriano JJ, Álvarez N. 2000. Recuperación de variedades tradicionales locales de cultivos y del conocimiento a ellas asociado, para su conservación, uso y manejo en las comarcas de Antequera (Málaga) y Estepa (Sevilla). *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*, Madrid. pp. 333-342.
  - Domínguez, A. 1998. Conservación, caracterización y redistribución de variedades hortícolas tradicionales. *Experiencias con agricultores ecológicos en Valencia.*
  - Egea-Sánchez JM, Catalá M, Morales MA, Gomarriz J, Egea-Fernández JM, Costa, J. 2008a. Caracteres de calidad de diferentes tipos de tomates murcianos. *Actas del VIII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*, Murcia. p. 108.
  - Egea-Sánchez JM, Avilés I, Egea-Fernández JM. 2008b. Inventario y catalogación de variedades locales de la Región de Murcia. *Actas del VIII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*, Murcia. p. 56.
  - Escrivá C, Baviera A, Buitrago JM. 2010. Marcas de calidad agraria en la Comunidad Valenciana. En Ramón F. Fernández (ed.), *El derecho civil valenciano tras la reforma del estatuto de autonomía.* Tirant, Valencia.
  - Figàs MR, Prohens J, Raigón MD, Fernández-de-Córdova P, Fita A, Soler S. 2015a. Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool Tomato Analyzer. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 62: 189–204.
  - Figàs MR, Prohens J, Raigón MD, Fita A, García-Martínez MD, Casanova C, Borràs D, Plazas M, Andújar I, Soler S. 2015b. Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food Chem.* 187: 517-524.
  - Figàs, M.; Soler, S.; Díez, M.J.; Granell, A.; Monforte, A.; Prohens, J. 2015c. Strategies for the enhancement of local tomato varieties: a study case with varieties from the Spanish region of València. *Book of Abstracts of INNOHORT Symposium: 9.*
  - Galmés, J., Ochogavía, J.M., Gago, J., Roldán, E.J., Cifre, J., Conesa, M.A. 2013. Leaf responses to drought stress in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*: anatomical adaptations in relation to gas-exchange parameters. *Plant, Cell and Environment.* 36:920-935.
  - García A, Guzmán GI, Soriano JJ. 2000. Evaluación de variedades locales de tomate para su conservación in situ en agricultura ecológica. *Actas del IV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*, Córdoba.
  - García EM, Peña J, Llata JM, Bermúdez D, Caramés E, Castrillo B, Gutiérrez S, Murga

- C, Raposo, S. 2014. Caracterización y evaluación agronómica y de calidad de cultivares tradicionales de tomate de Cantabria. Memoria de Actividades 2014. Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA). Gobierno de Cantabria, Oviedo. pp. 59-60.
- García EM, Castrillo B, Bermúdez D, Caramés E, Velasco, I, Raposo, S, Gutiérrez S. 2013. Caracterización, multiplicación y evaluación de los recursos fitogenéticos de tomate tradicional de Cantabria. Proyectos de investigación del Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA). Gobierno de Cantabria, Oviedo. p. 55.
  - García-Martínez S, Corrado G, Ruiz JJ, Rao R. 2013. Diversity and structure of a sample of traditional Italian and Spanish tomato accessions. *Genet. Resour. Crop Evol.* 60:789–798.
  - García-Martínez S, Galvez-Sola LN, Alonso A, Agullo E, Rubio F, Ruiz JJ, Moral R. 2012. Quality assessment of tomato landraces and virus-resistant breeding lines: quick estimation by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.* 92: 1178–1185.
  - García-Martínez S, Grau A, Alonso A, Rubio F, Carbonell P, Ruiz JJ. 2015. UMH 916, UMH 972, UMH 1093, UMH 1127, and UMH 1139: Four Freshmarket Breeding Lines Resistant to Viruses Within the Muchamiel Tomato Type. *Hort. Science* 50: 927-929.
  - González GJ, Soriano JJ, Aguirre I. 2002. Caracterización participativa de variedades locales de tomate en el medio urbano de Sevilla para su posible uso en agricultura ecológica. Actas del IV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), Gijón.
  - Jiménez A, Castillo JE, Ortiz R. 2010. Caracterización productiva y morfológica de variedades autóctonas de tomate. *Vida Rural* 305: 64-68.
  - Lázaro A, Fernández I, Cabello F, De Lorenzo C. 2014. Catálogo de tomates tradicionales de la Comunidad de Madrid. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario. IMIDRA. 86 pp.
  - MAGRAMA. 2016. [http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/la-agricultura-ecologica/Estadisticas\\_AE\\_2013\\_tcm7-351187.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/la-agricultura-ecologica/Estadisticas_AE_2013_tcm7-351187.pdf).
  - Moreno, MM, Meco R, Villena J, Mancebo I. 2010. Tomates tradicionales de Castilla-La Mancha. Un patrimonio a preservar. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo. 275 pp.
  - Navarro P. 2011. Caracterización y evaluación de variedades tradicionales de tomates en invernadero. Trabajo de investigación. Universidad de Almería, Almería. 205 pp.
  - Nuez F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 793 pp.
  - Prohens J, Casañas F, Ferreira JJ. 2016. Variedades tradicionales en una agricultura moderna: estrategias de re-valorización. En: J.I. Ruiz de Galarreta y J. Prohens (eds.). Las variedades locales en la mejora genética de plantas, NEIKER, en este mismo volumen.
  - Rick CM. 1976. Tomato. Pp 667-678. En N.W. Simmonds (ed.), *Evolution of crops plants*. Longman, London & New York.
  - Rivera A, Taboada A, Salleres B, Tajés D, Fernández JA, López MJ, Rodríguez JM, Riveiro M, Ledo A. 2010. Recuperación y evaluación de cultivares tradicionales de tomate. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Estación Experimental Agri-

cola Baixo Miño, A Coruña.

- Roselló S, Adalid A, Cebolla-Cornejo J, Nuez F. 2005. Cuantificación indirecta rápida del contenido en lycopeno y  $\beta$ -caroteno en variedades tradicionales de tomate. *Actas Port. Hort.* 8: 429-435.
- Roselló SA, Nuez F. 2006. Mejora de la calidad del tomate para fresco. pp. 333-359. En G Llàcer, MJ Díez, JM Carrillo, ML Badenes (eds.), *Mejora Genética de la calidad en plantas*. Universidad Politècnica de València, València.
- Rubio, F. 2015. Efecto de la introducción de genes de resistencia a virosis en tomate sobre caracteres agronómicos y de calidad organoléptica de variedades localmente adaptadas. Tesis. Universidad Miguel Hernández, Elche. 94 pp.
- Sauca E., Ruiz De Galarreta JI. 2006. Selección y mejora genética de las especies de tomate y lechuga para su utilización en agricultura ecológica. *Federación de Agricultura Ecológica de Euskadi, Derio*. 123 pp.
- Soler S, Figàs MR, Casanova C, Borràs D, Granell A, Prohens J. 2015. Higher yield and more uniform fruit set in selections of the 'Valenciana' local tomato landrace. *The 12th Solanaceae Conference, Burdeos*. p. 133.
- Soler S, Prohens J, López C, Aramburu J, Galipienso L, Nuez F. 2010. Viruses infecting tomato in Valencia, Spain: occurrence, distribution and effect of seed origin. *Journal of Phytopathology* 158: 797-805.
- Soriano JJ, Guzmán GI, García SF, Figueroa M, Lora A. 2000. Recuperación de variedades locales de hortalizas para su cultivo ecológico. *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*. Madrid. p. 323-331.
- Taboada A, Rivera A, Riveiro M. 2015. Variedades autóctonas de tomates de Galicia. *Xunta de Galicia. Consellería do Medio Rural e do Mar, Santiago de Compostela*. 28 pp.
- Zeven AC. 2002. Traditional maintenance breeding of landraces: 2. Practical and theoretical considerations on maintenance of variation of landraces by farmers and gardeners. *Euphytica* 123: 147-158.

## 21. Pimiento

---

**Adrián Rodríguez\*, Leandro Pereira y Ana M. Fita**

<sup>1</sup>Instituto COMAV, Ciudad Politécnica de la Innovación, Edif. 8E, acceso J. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España.

\*adrodbur@upvnet.upv.es

**21.1. Introducción**

**21.2. Principales variedades locales**

**21.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

**21.4. Variedades locales con interés para su recuperación**

**21.5. Potencial de variedades locales como fuentes de variación**

**21.6. Utilización en programas de mejora**

**21.7. Logros y perspectivas**

**21.8. Referencias**

## 21.1. Introducción

El pimiento y formas relacionadas, como chiles y ajíes, presenta una producción mundial superior a  $30 \cdot 10^6$  t siendo uno de los cultivos hortícolas más importantes (FAOSTAT, 2016) y englobando una extraordinaria diversidad varietal encuadrada en el género *Capsicum* (DeWitt y Bosland, 1996; Nuez et al., 2003). Etimológicamente, el término pimiento deriva de pimienta, y se remonta a la llegada de los españoles a América. Así el diario del primer viaje de Cristóbal Colón, a principios de 1493, incluye el siguiente pasaje: «...Allí hay mucho algodón y muy fino y luengo... También hay mucho ají, que es su pimienta, della que vale más que pimienta, y toda la gente no come sin ella,...». De hecho, el propio Colón trajo el ají a España, junto a muestras de otras plantas y productos vegetales americanos (Nuez et al., 2003). Su empleo como alternativa a la apreciada pimienta asiática facilitó una rápida difusión en Europa y resto del mundo durante el siglo XVI (Andrews, 2000; Nuez et al., 2003; DeWitt y Bosland, 2009). Los propios portugueses, que controlaban el comercio de especias con Asia, facilitaron su expansión desde Brasil al África subsahariana y el Lejano Oriente a través de sus colonias comerciales (DeWitt y Bosland, 1996; Nuez et al., 2003), siendo el germen de la actual afición a los pimientos picantes en estas regiones. Tras esta rápida difusión inicial, fundamentada en su uso como especia pungente, se produjo una diversificación de usos y tipos varietales. Paradójicamente, este proceso ha motivado que una estirpe de tipos dulces, recesiva y originalmente una rareza, domine actualmente las preferencias occidentales (Eshbaugh, 1993; Andrews, 2000).

Los términos pimiento, chile o ají tienen más de influencia histórica, lingüística y especialmente geográfica que para distinguir estrictamente especies o taxones del género *Capsicum*. El primer término deriva de pimienta y es el más empleado en España para las variedades de fruto dulce, dejando el término guindilla para los picantes. Chile, usado principalmente en México, EEUU y países anglosajones, procede del nauahatl (lengua azteca) *chilli*. Finalmente, ají deriva del taíno *axí* de La Española (hoy República Dominicana y Haití), y actualmente es el más común en Centroamérica, parte del Caribe y Sudamérica. Desde una perspectiva estrictamente taxonómica, esta miscelánea abarca un complejo de cinco especies cultivadas del género *Capsicum* y otras silvestres que todavía hoy se recolectan de la naturaleza en muchas regiones de América (DeWitt y Bosland, 1996).

Entre las cultivadas, el pimiento común (*Capsicum annuum* L.) es la más popular y económicamente importante a nivel mundial, abarca una extraordinaria diversidad varietal (Figura 1) y es la predominante en España. A esta especie pertenecen tipos dulces y tipos picantes, abarcando desde los morrones hasta los serranos de México, pasando por piquillos, jalapeños, padrones, poblanos, chiles de árbol, numex, italianos, guindillas de encurtir, ñoras, etc (DeWitt y Bosland, 1996; Nuez et al., 2003). *C. annuum* está relacionada con *C. chinense* Jacq. y *C. frutescens* L., con las que puede hibridarse e integra el complejo *annuum-chinen-*

*se-frutescens*, de flores blancas y semillas amarillas (Nuez et al., 2003). Ambas especies son muy populares en su zona de origen, i.e. Caribe y Sudamérica amazónica, pero también el sur de EEUU y de la mano de los portugueses, en África y Asia. El chile Habanero del Yucatán, Scotch Bonnet de Jamaica, otros sudamericanos como ají mochero y ají panca de Perú, y los tipos Jolokia de la India son tipos varietales conocidos de *C. chinense*, mientras que el chile tabasco, la malagueta o pipi de mono de Brasil y amazonia peruana o la pebrera/guindilla de jardín, común en platos españoles como el all i pebre valenciano o salsas de caracoles son ejemplos de *C. frutescens* (DeWitt y Bosland, 2009; Rodríguez-Burruezo y Nuez, 2006; Ugás y Mendoza, 2013). Por otro lado, *C. baccatum* L., de flor blanca y manchas verdes/amarillas en la base, y *C. pubescens* R. & P., de flor morada y semillas negras, representan taxones filogenéticamente separados del complejo *annuum* y forman parte esencial de la gastronomía de países de la región andina (DeWitt y Bosland, 2009). Sin embargo, sólo *C. baccatum*, se adapta con facilidad a otras regiones, mostrando una buena respuesta al cultivo en EEUU, México y Centroamérica o el Mediterráneo, entre otras (DeWitt y Bosland, 1996; Rodríguez-Burruezo et al., 2009).



**Figura 1.** Diversidad varietal en frutos de *C. annum* y forma silvestre *glabriusculum* (centro).

Desde finales del siglo XV España se convirtió en puerta de entrada a Europa de un extraordinario flujo genético procedente de sus colonias de México, Caribe, Centroamérica y Sudamérica (Andrews 1984; Nuez et al., 2003). Durante este proceso, genotipos de lo que posteriormente Linneo clasificaría como *C. annum*, procedentes del centro de origen Mexicano, fueron imponiéndose e introduciéndose en la agricultura española. Con el paso del tiempo y fruto de un proceso de selección tradicional, surgió una plétora de ecotipos y materiales locales adaptados a las diversas condiciones agroclimáticas españolas, (Nuez et al., 2003), muchos de los cuales han llegado hasta nuestros días.

Como consecuencia España es actualmente: i) principal productor de pimiento de Europa y el quinto junto a EEUU a nivel mundial, con aproximadamente  $1 \cdot 10^6$  t anuales y ii) uno de los centros de diversidad más relevantes de *C. annuum* (Nuez et al., 2003; FAOSTAT 2016; MAGRAMA, 2016a). El arraigo de los pimientos en la gastronomía y la agricultura de las regiones españolas, son tales que este cultivo atesora el mayor número de Denominaciones de Origen Protegidas (DOPs) e Indicaciones Geográficas Protegidas (IGPs) de nuestra horticultura (MAGRAMA, 2016b). Además, es muy común encontrar variedades locales de pimiento en cualquier región de España cultivadas desde tiempos inmemoriales.

A pesar de este rico patrimonio etnobotánico, la industria productora del pimiento está dominada por híbridos  $F_1$  de California Wonder, Lamuyo y Dulce Italiano, los cuales muestran altos rendimientos y resistencias (aunque una estrecha diversidad genética) (Marín, 2015), por lo que muchos agricultores abandonaron el cultivo de variedades tradicionales, incrementando el riesgo de erosión genética (IBPGR, 1983; Hammer *et al.* 2003). Esta erosión genética ha sido mitigada por diversas instituciones que han conservado semillas de muchas de estas variedades, a las que se dedicará el apartado de colecciones conservadas.

Afortunadamente, el creciente interés del consumidor por una alimentación sana, una agricultura con mínimo impacto ambiental y los mercados de proximidad, puede suponer un punto de inflexión para recuperar las variedades tradicionales (Brugarolas *et al.* 2009). La potenciación de la calidad del fruto y su uso en condiciones de agricultura sostenible, ofrecen una gran oportunidad para la puesta en valor y recuperación comercial de estos materiales y serán objeto de apartados posteriores. Asimismo, la recuperación de estas variedades locales, que representan una amplia diversidad genética, puede jugar un papel fundamental en futuros programas de mejora, incorporando nuevas variantes alélicas (IBPGR, 1983; Fonseca *et al.* 2008; Oh *et al.* 2012; Nicolaï *et al.* 2013).

**Tabla 1.** DOPs e IGPs de pimientos españoles.

Variedad	Denominación (año registro UE)	Zona producción
Arnoia	IGP Pemento da Arnoia (2010)	Orense
Bierzo	IGP Pimiento Asado del Bierzo (2006)	León
Bola	DOP Pimentón de Murcia (2001)	Murcia
Couto	IGP Pemento do Couto (2010)	Coruña
Gernika	IGP Gernikako Piperra (2010)	Euskadi
Herbón (Padrón)	DOP Pemento de Herbón (2010)	Coruña y Pontevedra
Jaranda, Bola, etc	DOP Pimentón de la Vera (2007)	Cáceres
Morrón de Fresno	IGP Pimiento de Fresno y Benavente (2012)	León y Zamora
Mougán	IGP Pemento do Mougán (2014)	Lugo
Oímbra	IGP Pemento de Oímbra (2010)	Orense
Piquillo Lodosa	DOP Pimiento del Piquillo de Lodosa (1996)	Navarra
Riojano	IGP Pimiento Riojano (2004)	La Rioja

## 21.2. Principales variedades locales

La mayor parte de variedades locales españolas más conocidas pertenecen a pimientos de carne gruesa y calibre medio-grande (>50 g), aunque estos rasgos comunes incluyen multitud de tipos varietales y morfologías de fruto. No obstante, la diversidad en nuestro país es tal que también existen pimientos de tamaño medio-pequeño y carne más fina muy conocidos.

La abundancia de pimientos gruesos y tamaño medio-grande se extiende a toda la España peninsular (en Canarias predominan los de tamaño pequeño y carne fina) y habitualmente en cualquier región se han desarrollado varios ecotipos, si bien aquí se hará referencia a las variedades más conocidas. Para estos pimientos se utiliza el término *morrón* de forma generalizada, aunque en sentido estricto esta denominación correspondería a pimientos gruesos de calibre grande, forma rectangular, pero también cuadrada o troncocónica y cuya parte distal acaba frecuentemente en tres o cuatro lóbulos, evocando el hocico de un bóvido y abarcando los tipos A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> de la clasificación de Pochard (Figura 2). Bajo esta morfología también estarían incluidos los *pimientos de cuatro (o tres) cantos*. De forma confusa se ha extendido la denominación *morrón* a genotipos de carne gruesa pero forma acorazonada correspondientes al tipo P de Pochard (Figura 2). En realidad, para ser más precisos estas variedades se deben denominar *morrón de bola* o *morrón de conserva*, pues este tipo es muy apreciado en la industria conservera.

Entre los *morrónes* en sentido estricto (incluyendo tres/cuatro cascós) destacarían, entre otros, el Valenciano, Trompa/Morro de Vaca de Murcia y regiones cercanas, Pimiento de (Villanueva de los) Infantes o de Litro (en referencia a su volumen), *Morrón de Fresno* de la Vega y Benavente o *Largo de Reus*. Con respecto a los *morrónes de bola*, destacarían los subtipos *Tudelano* y *Calahorrano*, de Navarra y Aragón, respectivamente, junto a *Morrón de Luesia* de Aragón, de fruto ligeramente más apuntado (Gil Ortega, 1991; Nuez et al., 2003).

Próximos a éstos, y dentro de los tipos varietales de pimiento grueso o medio grueso y calibre medio a grande, estarían los de forma triangular, cónica o alargada. En este grupo destacarían entre los más populares *Bierzo* (B<sub>3</sub> de Pochard), *Ros Mallorquín* y *Riojano*, también llamado *Najerano* o de *Santo Domingo* (C<sub>3</sub>) y *Piquillos* y *Pico de Mendavia* (C<sub>4</sub>) (Figura 2).

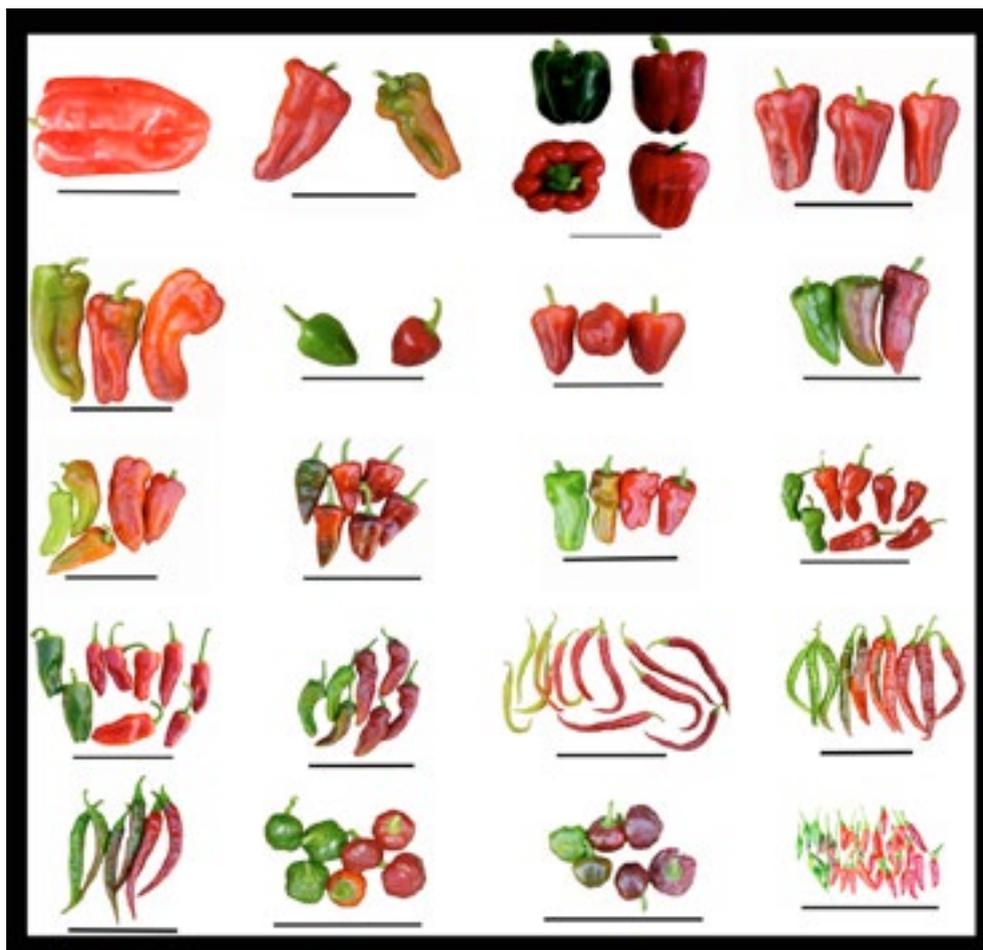
Por otro lado, entre los de tamaño medio-pequeño, tenemos numerosas variedades del norte de España, con forma de *morrónes* en miniatura comprendidos en los grupos B<sub>3</sub>-B<sub>4</sub> y C<sub>4</sub> de Pochard (Figura 2). Entre ellos, destaca un complejo de ecotipos gallegos con DOPs e IGP, que se cosechan verdes y algunos antes del tamaño definitivo. Probablemente, proceden de un flujo genético procedente de México a partir del siglo XVII y atribuido a los franciscanos (Rodríguez-Bao et al., 2004), a partir del cual se desarrollarían distintos eco-

tipos, con una morfología en torno al de Padrón diferenciándose en el tamaño de cosecha. En la zona de Orense se cultivan Arnoia y Oímbra (los de mayores dimensiones), mientras que Coruña y Pontevedra el de Padrón de Herbón (algunos pican) y Couto (dulces) y Lugo el de Mougán.

Con una morfología cercana al de Padrón, aunque más alargado y apuntado, está el Gernika de Euskadi ( $C_2$  de Pochard), cosechándose verde cuando alcanza el tamaño definitivo o maduro y deshidratado, denominándose “choricero”. Gernika estaría relacionado con la IGP del País Vasco Francés Espellette, aunque éste empleado directamente como “choricero” dispuesto tradicionalmente en ristras. Dentro del grupo de  $B_4$  alargados también estarían los tipos más conocidos de pimiento de mojo (salsa) canarios, como la Pimienta Palmera. Por otro lado, también existen innumerables variedades de fruto alargado o muy alargado en la agricultura española,  $C_1$  de Pochard (Figura 2), con hombros o sin hombros. Aquí podríamos distinguir dos grupos de variedades tradicionales en función de su uso. Un primer grupo bajo la denominación común “Cornicabra”, cuyos frutos se cosechan en rojo para pimentón. Son variedades muy comunes en regiones como Murcia, Andalucía, Castilla la Mancha y especialmente en Extremadura, donde ecotipos como Ocal o Agridulce y sus posteriores selecciones Jaranda o Jariza son comunes en el Pimentón de la Vera (Nuez et al., 2003). El otro grupo corresponde al de las “Guindillas”, de frutos alargados, en general más finos que los anteriores, y tamaño variable según el genotipo. En este grupo, destacan la Guindilla (Amarilla) de Ibarra, consumida verde encurtida, o las Alegrías Riojanas similares a la anterior pero asadas y envasadas en rojo (Nuez et al., 2003). Otro tipo varietal de gran importancia corresponde a los pimientos de bola o ñoras, del grupo N de Pochard (Figura 2), usados fundamentalmente deshidratados como colorante alimentario en forma de fruto entero o pimentón. La variedad más reconocida la adscrita a la DOP Pimentón de Murcia, si bien existen pimientos de bola y ñoras en otras regiones e incluso una variante de color marrón denominada “negral”, portadora de la mutación *cl* que impide la degradación de las clorofilas con la maduración (Rodríguez-Burruezo y Nuez, 2006).

Grupo A.- Sección longitudinal cuadrangular			
			
A <sub>1</sub> - Fruto liso, pedúnculo no hundido, muy carnoso	A <sub>2</sub> - Pedúnculo hundido, muy carnoso, lóculos marcados	A <sub>3</sub> - Pedúnculo hundido, mod. carnoso, lóculos muy marcados/superficie anudada	A <sub>4</sub> - Peso <100 g, carne fina
Grupo B.- Sección longitudinal rectangular			
			
B <sub>1</sub> - Longitud/anchoa <2	B <sub>2</sub> - Longitud/anchoa >2	B <sub>3</sub> - Truncocónico, peso aproximado 100 g	B <sub>4</sub> - Rectangular, lg. apuntado, peso<100 g
Grupo C.- Sección longitudinal triangular			
			
C <sub>1</sub> - Muy largo, apuntado	C <sub>2</sub> - Muy largo, obtuso	C <sub>3</sub> - Longitud media, hembra anchos	C <sub>4</sub> - Corto, erecto, hembra anchos
			
F.- Fruto anómalo	N.- Fruto subsférico	P.- Fruto acortado	

**Figura 2.** Clasificación de pimientos por morfología del fruto (adaptado de Pochard, 1966). Por último, merecen mención aparte una serie de materiales de fruto pequeño pertenecientes a *C. annuum* o *C. frutescens* que según la región se denominan Guindillas (de jardín), Pebreras, Pimienta de la Madre (Canarias), entre otros. Aunque no se cultivan comercialmente en España, están muy arraigados en nuestra gastronomía y se conservan de forma tradicional por aficionados al picante o agricultores. Con algunas variaciones entre unos materiales y otros, presentan una morfología típica de la especie *C. frutescens* (e.g. Tabasco), con frutos alargados de longitud pequeña o media y con la parte basal del fruto encapsulada en el cáliz, del que se desprenden con facilidad en la madurez.



**Figura 3.** Ejemplos de frutos de variedades locales españolas de pimiento. De izquierda a derecha y en filas descendentes: fila 1) Pimiento de Infantes, Largo de Reus, Morrón de Fresno de la Vega y Trompa de Vaca; fila 2) Pimiento Valenciano, Morrón de Conserva cv. Luesia, Bierzo y Riojano; fila 3) Ros Mallorquín, Piquillo cv. Lodosa, Arnoia y Herbón-Padrón; fila 4) Pimienta Palmera, Gernika cv. Derio, Guindilla de Ibarra, y Cornicabra cv. Jaranda; fila 5) Cornicabra cv. Verato, Bola o Ñora, Negral y Pebrera (*C. frutescens*). La barra indica una longitud de 15 cm.

### 21.3. Variedades locales conservadas en colecciones

En España se conserva un número ingente de accesiones correspondientes a variedades locales de pimiento de todas las regiones, incluyendo los tipos varietales mencionados en el apartado anterior, y otros materiales menos conocidos. Además, algunas colecciones incluyen variedades tradicionales foráneas de *C. annuum* y de otras especies *Capsicum* relacionadas.

Cualquier institución dedicada a la mejora de pimientos conserva, difunde, intercambia y/o hace uso de su propia colección, aunque se distinguen dos niveles. Por un lado, muchos centros de investigación, o los propios mejoradores, gestionan colecciones de mejorador, modestas en número de accesiones y tipos varietales, pero importantes para conservar la diversidad de *C. annuum* en España. Se trata de colecciones activas, que albergan fundamentalmente una diversidad representativa de las principales variedades locales de la región correspondiente y que en muchos casos han servido para desarrollar variedades cultivadas actualmente bajo DOPs e IGP. Entre otros, se pueden señalar las colecciones de variedades locales y líneas de mejora del Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (NEIKER), con accesiones de Guindillas de Ibarra o Pimientos de Gernika, el Instituto Navarro de Tecnologías e Investigación Agroalimentaria (INTIA), con pimientos del tipo Piquillo y otros de la zona navarra y aragonesa, el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), con materiales de pimientos autóctonos gallegos, el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-La Orden), con pimientos de Extremadura y zonas adyacentes, y el Instituto Murciano de Investigación y desarrollo Agroalimentario (IMIDA), con una diversidad considerable de pimientos de la Región de Murcia y otras zonas de España, tanto para consumo en fresco como para pimentón (Nuez et al., 2003; Rodríguez-Bao et al., 2004; Taboada et al., 2007; Grajera et al., 2014; Gomáriz y Sánchez, comunicación personal, 2016; NEIKER-Tecnalia, 2016) .

Por otro lado, a mayor escala existen en España centros e instituciones que disponen de bancos de germoplasma propios, los cuales albergan grandes colecciones de accesiones de *C. annuum*, españolas y foráneas, y otras especies, y están reconocidas a nivel nacional e internacional. Estos centros conservan la mayor diversidad varietal y genética de *Capsicum* en España. Los repositorios más relevantes corresponden al Banco de Germoplasma del Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV-UPV, Valencia, códigos BGV) y el Banco de Germoplasma de Hortícolas del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA, Zaragoza, código BGHZ). Asimismo, el Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA (CRF-INIA, Madrid, con código BGE) es el mayor repositorio del país y conserva réplicas de la mayoría de accesiones conservadas de estos bancos, entre otros.

El origen de estas grandes colecciones se remonta a principios de los años 80, época en la que coincidieron investigadores como Joaquín Costa (IMIDA), Ramiro Gil (CITA) y Fernando Nuez (UPV) y sus respectivos equipos, los cuales desarrollaron desde entonces una intensa actividad de colecta, multiplicación y caracterización del germoplasma autóctono español con objeto de conservarlo para generaciones venideras y/o integrarlo en programas de mejora. Entre sus tareas de difusión, y conforme multiplican o renuevan su stock, estas instituciones editan cada cierto tiempo fichas de caracterización y catálogos de variedades autóctonas (e.g. Díez et al., 1998; Carravedo et al., 2005). En el caso del COMAV, gran parte de su colección está descrita y accesible a través de su página web.

En términos de cifras, la colección del CRF-INIA conserva 1606 accesiones de *Capsicum sp.*, de las cuales 1539 corresponden a *C. annuum* y 1382 a materiales locales españoles (CRF, 2016). Por procedencia geográfica, las comunidades autónomas con mayor representación (>100 accesiones) son Andalucía (276), Extremadura (183), Castilla y León (145), Castilla la Mancha (131) y Valencia (113) (Tabla 2).

Atendiendo a la información disponible del CRF, en el Banco de Germoplasma del COMAV (Banco ESP026), el número de accesiones de variedades españolas de *C. annuum* colectadas y conservadas por su personal asciende a 572, representando principalmente a Andalucía (159), Valencia (107), Canarias (93) y en menor medida Baleares (28), Cataluña (29), Castilla la Mancha (32), Extremadura (37) y Murcia (37) (Tabla 2). El número de accesiones de pimiento español conservadas en las instalaciones del Banco de Germoplasma del CITA (Banco ESP027) asciende a 310, destacando por procedencia geográfica Extremadura (54), Euskadi (52), Andalucía (36), Castilla y León (34) y Aragón (32), y en menor número de otras regiones como Navarra (17), La Rioja (15) y Castilla la Mancha (17) (Tabla 2).

Además de estos materiales conservados en España, también pueden resultar de interés accesiones españolas conservadas en otros bancos de germoplasma extranjeros, como los repositorios del AVRDC de Taiwan, del CGN de Wageningen y especialmente del USDA, ubicado en Griffin (Georgia) y gestionado dentro de su programa de conservación de recursos fitogenéticos (ARS-GRIN), que incluso conserva algunos materiales españoles originarios de mitad del siglo XX.

**Tabla 2.** Número y origen geográfico de las accesiones de variedades locales de pimiento conservadas en los repositorios del CRF, COMAV y CITA (Fuente: CRF-INIA 2016).

Comunidad Autónoma	CRF-INIA	COMAV-UPV	CITA
Andalucía	276	159	36
Aragón	42	5	32
Asturias	33	7	10
Baleares	56	28	9
Canarias	94	93	1
Cantabria	34	3	14
Castilla la Mancha	131	32	17
Castilla y León	145	19	34
Cataluña	37	29	3
Euskadi	62	5	52
Extremadura	183	37	54
Galicia	57	1	8
La Rioja	38	7	15
Madrid	9	2	3
Murcia	45	37	3
Navarra	27	1	17
Valencia	113	107	2

## 21.4. Variedades locales con interés para su recuperación

En la actualidad se pueden definir dos grupos de variedades locales de pimiento en España. Por un lado, existe un grupo de ecotipos cuya arraigo histórico, cultural y agrícola ha sido reconocido a través de DOPs o IGP por parte de la UE u otros sellos de calidad locales. Variedades como Piquillo de Lodosa, Pimiento del Bierzo, Pimiento Riojano, Morrón de Fresno y Benavente, Bola de Murcia, cornicabras de la Vera o el grupo de pimientos gallegos, entre otros, son fruto de un proceso de selección y conservación tradicional por parte de generaciones de agricultores y/o de Instituciones públicas, que apostaron por tipificar, desarrollar y establecer una(s) variedad(es) o ecotipo(s) específico(s) a partir de materiales heterogéneos, incluyendo procedimientos mixtos de mejora participativa entre técnicos y agricultores (Macua, 1994; Rodríguez-Bao, 2004; Larregla, comunicación personal, 2016). Obviamente, estas variedades disfrutaban de una situación favorable, pues la demanda local y de exportación, unida a su sello de calidad y la disponibilidad de materiales relacionados para futuros programas de mejora, garantizan por el momento su conservación y alejan la posibilidad de erosión genética.

Sin embargo, existe un grupo de variedades autóctonas no menos numerosas que también forman parte del acervo cultural y agrícola de sus regiones de origen. Son variedades arraigadas en la mente del agricultor local e incluso evoca recuerdos de padres y abuelos agricultores pero que por la introducción de variedades  $F_1$  y otras presiones del mercado, han dejado de cultivarse en las últimas décadas. Paradójicamente, muchos de estos materiales son originarios de las principales regiones productoras, como Murcia, Andalucía, Valencia, Castilla la Mancha y Cataluña (MAGRAMA, 2016a).

Afortunadamente, como se señaló anteriormente, la creciente atracción de los consumidores por las variedades tradicionales, como forma de recuperar sabores del pasado y una alimentación más sana, está ofreciendo una base sobre la que recuperar variedades locales casi olvidadas (Brugarolas et al., 2009). En cualquier caso, consolidar la recuperación de una variedad local requiere una ardua labor de tipificación y selección, para que el nombre asociado a la misma responda a unos estándares morfoagronómicos determinados. Así, por ejemplo, bajo la denominación de pimiento Valenciano se pueden encontrar diversas morfologías de pimiento grueso, desde troncocónicos con cascos muy marcados hasta alargados y apuntados, similares al Riojano, y con diferentes tamaños, desde medianos a grandes-muy grandes (Díez et al., 1998).

Entre las variedades locales más relevantes, podríamos destacar el complejo de pimientos morrones de la costa mediterránea. El Pimiento Murciano o Trompa de Vaca (Murcia y sur de Valencia), el Valenciano y el Largo de Reus o Dulce de España (sur de Cataluña), representan un rico acervo genético de pimientos gruesos de los tipos  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$  y  $B_2$ , probablemente

emparentado y que se extiende de forma continua por esta región. Estas variedades de polinización libre fueron muy populares hasta los años 70 y 80 en las regiones mencionadas (Nuez et al., 2003). Lamentablemente, la irrupción de las modernas variedades  $F_1$  del tipo California Wonder y Lamuyo ha ido en detrimento de su cultivo y hoy día apenas se encuentran en las explotaciones hortícolas de estas regiones, a excepción de algunos productores locales.

Otra variedad local muy popular del tipo morrón, pero del interior, es el Pimiento de Infantes o de Litro, originario de Ciudad Real. Esta variedad, por lo llamativo de su tamaño, sigue siendo popular en su zona de origen y es relativamente fácil encontrarlo en los mercados locales. Un caso similar de popularidad aunque en otro tipo varietal, correspondería al pimiento Ros Mallorquí de las Baleares. Este pimiento similar al Riojano, pero carne menos gruesa que los morrones, se consume fundamentalmente fresco con un color verde claro a amarillento característico (Nuez et al., 2003).

En el extremo opuesto a los morrones, se encuentran las guindillas. Nuestro país es un centro de diversidad considerable para estos pimientos, que se caracterizan por sus frutos estrechos de carne fina, más o menos alargados, picantes y que se emplean fundamentalmente en encurtido (Nuez et al., 2003). Cualquier región de España tiene variedades autóctonas de este tipo (CRF-INIA, 2016). Sin embargo, a excepción de las Guindillas de Ibarra y en menor medida las Alegrías Riojanas, apenas existen variedades claramente tipificadas. Aunque su demanda es menor que la de los tipos morrones existe un nicho de mercado para estas variedades que justificaría esfuerzos dirigidos a su promoción, mejora y recuperación.

Asimismo, aunque apenas se conocen nombres propios de pimientos andaluces, es imprescindible señalar esta región como zona de interés para la recuperación de variedades locales. Su diversidad agroclimática ha dado lugar a una plétora de variedades locales que cubre prácticamente todos los tipos varietales de este cultivo. Muchas de estas variedades, aunque desconocidas fuera de Andalucía, son muy apreciadas en los innumerables mercados locales de esta región (Red Andaluza de Semillas, 2016). De hecho, es la región española con mayor número de accesiones conservadas en los repositorios del CRF nacional y del COMAV-UPV (Tabla 2). Así, uno de los principales retos pendientes entre los mejoradores de pimiento de nuestro país sería la catalogación y descripción *in situ* de las actuales variedades tradicionales andaluzas para adquirir conciencia de la verdadera dimensión de este acervo genético y posteriormente proceder a su selección, mejora y puesta en valor.

## 21.5. Potencial de variedades locales como fuentes de variación

Como en otros cultivos, las variedades tradicionales representan un pool genético mucho más amplio que las variedades modernas, las cuales por efecto de la selección moderna han evolucionado hacia un cuello de botella genético (Hammer y Khoshbakht, 2005; Fita et al., 2015). Por ello, la gran diversidad contenida en las variedades locales españolas de pimiento resulta de extraordinario interés para hallar fuentes de variación útiles para distintos programas de mejora, tanto para aquellos basados en la evaluación y selección de las mejores variedades locales para uno o varios caracteres de interés y su puesta en valor para liberarlas comercialmente, como para la mejora de variedades modernas mediante introgresión de resistencias, tolerancias o factores de calidad procedentes de estas variedades locales. Las principales características por las que sería interesante trabajar y cribar variedades tradicionales de pimiento se pueden agrupar en: i) respuesta a condiciones de estrés abiótico y ii) calidad de fruto organoléptica y funcional.

Por lo que respecta a factores de estrés abiótico, como se dijo anteriormente, las variedades locales son fruto de un largo proceso de selección tradicional, en el que han confluído dos fuerzas de selección: i) directa del agricultor, identificando los individuos más destacados y recogiendo sus semillas de polinización abierta y ii) la natural, impuesta por las condiciones agroclimáticas de la localidad en las que cada variedad ha evolucionado, y que de forma indirecta también influye en la selección del agricultor. Como resultado, las variedades locales son las mejor adaptadas a esas condiciones (Muñoz-Falcón et al., 2008).

Además, las condiciones agroclimáticas bajo las que se han desarrollado muchas variedades locales son anteriores a los modernos sistemas de producción intensivos, más adecuados para las actuales variedades  $F_1$  (e.g. uso masivo de invernaderos, calefacción, riego, fertilizantes de síntesis, pesticidas) (Fita et al., 2015). En consecuencia, estos materiales contienen un gran potencial para adaptarse a condiciones de agricultura sostenible, bajos insumos y/o de adaptación al cambio climático. Así, las variedades locales de pimiento puede ser útil para:

Programas de mejora para agricultura sostenible

Baja fertilización

Agricultura ecológica

Programas de mejora para adaptación a factores de estrés hídrico

Eficiencia en el uso de agua de riego

Tolerancia a la salinidad

Programas de mejora para adaptación a temperaturas desfavorables

En cuanto a la mejora de caracteres de calidad, teniendo en cuenta que el pimiento es una de las hortalizas con mayor capacidad antioxidante (Pellegrini et al., 2003; Morales-Soto et al., 2014), es obvio que trabajar con la diversidad contenida en las variedades locales resulta imprescindible para mejorar la calidad funcional. Además, el uso de esta hortaliza en, como mínimo, dos estados de madurez amplía la utilidad de estos materiales. Es decir, variedades consumidas fundamentalmente en verde podrían mostrar características de fruto interesantes en estado maduro, útil para mejorar otras variedades consumidas en este estado, o viceversa (Rodríguez-Burruezo et al., 2006). De este modo, es aconsejable evaluar las colecciones de variedades locales para los dos estados de madurez. Entre los factores de calidad de fruto por los que puede ser interesante trabajar con variedades locales de pimiento, destacarían (Rodríguez-Burruezo y Nuez, 2006):

#### Calidad funcional

Ácido ascórbico (vit. C), uno de los principales factores de calidad funcional

Compuestos fenólicos

Carotenoides, de los que hay más de una treintena descritos en *Capsicum*

Actividad provitamina A:  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina

Prevención de la degeneración mácula ocular: luteína y zeaxantina

Capacidad antioxidante (muchos de ellos, con niveles variables)

Capacidad antioxidante total

Calidad organoléptica

Capsaicinoides (responsables de la pungencia)

Volátiles responsables del aroma y flavor

Calidad industrial (pimentón)

Contenido alto en carotenoides rojos vs. bajo en amarillos/naranjas

Estabilidad del producto (i.e. conservación del poder colorante)

#### 21.6. Utilización en programas de mejora

En los últimos años se está empleando germoplasma de variedades locales españolas de pimiento (junto a otro germoplasma foráneo) en diversos programas de mejora en España. En unos casos como base para cribar e identificar, caracterizar y valorizar genotipos existentes. En otros casos, para introgresar características de interés en materiales modernos y desarrollar material de premejora.

Siguiendo el esquema anterior sobre el interés potencial de variedades tradicionales por objetivos de mejora, se pueden mencionar varias líneas de trabajo relativas a la mejora para estreses abióticos. Así, por ejemplo, fruto de proyectos de investigación conjunta entre el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), la Universidad Politécnica de Valencia y el COMAV, se han identificado variedades con mayor tolerancia al riego con agua moderadamente salina y/o al déficit hídrico (Penella et al., 2013; Penella et al., 2015). Estos resultados son de especial interés para el pimiento y la zona mediterránea, pues es una de

las solanáceas hortícolas más sensibles a la salinidad y junto con la disponibilidad de agua para riego son problemas acuciantes en esta región. Dada la complejidad del control genético de estas tolerancias, se ha optado por la estrategia de emplear estos materiales como patrones, habiéndose testado algunos de ellos en condiciones comerciales bajo los estreses mencionados (Penella et al., 2016). En la misma línea de estreses abióticos del suelo, en el COMAV se trabaja en identificar variedades con buena respuesta a bajos aportes de fósforo, elemento que procede fundamentalmente de fuentes no renovables (Cordell et al., 2009). Se ha hallado un amplio rango de respuestas entre variedades tradicionales para la eficiencia en el uso de fósforo (PUE), habiéndose identificado varios genotipos con alta PUE (Pereira-Dias et al., 2015), los cuales están siendo evaluados a escala precomercial. La respuesta a todos estos factores de estrés abiótico del suelo está siendo estudiada tanto a nivel de parte aérea (e.g. fluorescencia foliar, biomasa, rendimiento en fruto, contenido en fósforo) como en la raíz. En el caso de la PUE se advierte una correlación interesante entre la plasticidad del sistema radicular de algunas variedades y su adaptación a bajos aportes de fósforo para explorar y extraer este nutriente, mientras que otras apenas pueden modificar su arquitectura radicular y presentan baja PUE (Ribes-Moya et al., 2014; Pereira-Dias et al., 2015).

Abundando en la mejora para agricultura sostenible, en los últimos años el grupo de mejora de *Capsicum* del COMAV desarrolla un programa pionero de selección y mejora de variedades locales para cultivo ecológico. Esta línea de trabajo se basa en evaluar y cribar decenas de variedades en ensayos comparativos entre prácticas convencionales y ecológicas. A los criterios habituales de rendimiento, precocidad y calidad externa del fruto se añaden la calidad funcional y organoléptica y el efecto del cultivo del pimiento sobre la fertilidad del suelo (interacción rizosfera-suelo). Actualmente, se han identificado materiales pertenecientes a distintos tipos varietales con una gran aptitud para el cultivo ecológico y alto valor nutricional, así como unos mayores niveles de parámetros asociados a la fertilidad y actividad biológica del suelo (Rodríguez-Burruezo et al., 2013a; Fita et al., 2014a; Lerma et al., 2014; Ribes-Moya, 2015a y 2015b).

La mejora de la calidad funcional de variedades locales españolas de pimiento es relativamente reciente. Los primeros estudios y cribados sobre el contenido en diversos antioxidantes y otros compuestos beneficiosos para la salud en colecciones de pimiento tradicional se han desarrollado fundamentalmente en los últimos diez años en el grupo de mejora de *Capsicum* del COMAV y más recientemente en el CITA (Garcés-Claver, comunicación personal). Estos estudios han arrojado una extraordinaria diversidad para los niveles de ácido ascórbico y compuestos fenólicos, tanto en fruto maduro como inmaduro, si bien los niveles más altos corresponden frecuentemente al estado de fruto maduro en la mayoría de variedades (Rodríguez-Burruezo et al., 2006 y 2013b). De hecho, se han identificado variedades de fruto grueso que aportan la dosis diaria recomendada de ácido ascórbico en 100 g de fruto fresco, e incluso otros tipos varietales aportan esa dosis en 50 g, o variedades con niveles de fenoles superiores a 2000 mg/kg, lo que las sitúa entre las hortalizas más ricas en estos

compuestos (Rodríguez-Burruezo et al., 2006, 2010a y 2013b). Los estudios del contenido en carotenoides, centrados fundamentalmente en fruto maduro, han arrojado resultados similares a los hallados para ácido ascórbico y compuestos fenólicos. Las variedades locales albergan una gran diversidad para los niveles de carotenoides del grupo isocrómico rojo y del grupo amarillo/naranja, aunque los niveles más altos se encuentran en las variedades de fruto maduro rojo y marrón (Rodríguez-Burruezo et al., 2006). Actualmente, una colaboración entre el IMIDA de Murcia y el grupo de mejora de *Capsicum* del COMAV desarrolla un estudio pormenorizado del perfil de antioxidantes y carotenoides en variedades locales de pimiento, identificando una riqueza y diversidad cualitativa y cuantitativa en estos compuestos superiores a la descrita en la literatura (Flores, comunicación personal).

En cuanto a la calidad organoléptica del pimiento, este fruto es relativamente pobre en azúcares y ácidos orgánicos, por lo que su percepción sensorial (flavor o “sabor”) depende fundamentalmente del contenido en capsaicinoides (frutos picantes) y de los volátiles responsables del aroma (y flavor, al liberarse durante la masticación) (Rodríguez-Burruezo y Nuez, 2006). En este sentido, el grupo del CITA atesora una amplia experiencia en el estudio de herencia y mejora de los capsaicinoides (e.g. Garcés-Claver et al., 2007; Rodríguez-Maza et al., 2012), mientras que el grupo de mejora de *Capsicum* del COMAV ha desarrollado estudios pioneros en el estudio de la diversidad de la fracción volátil y el modo de herencia de este carácter, habiéndose identificado más de un centenar de nuevos compuestos en *Capsicum* e iniciando trabajos de hibridación intra e interespecífica para mejorar el aroma de los pimientos (e.g. Rodríguez-Burruezo et al., 2010b; Moreno et al., 2012).

Finalmente, por lo que respecta al uso del pimiento como colorante alimentario, existen numerosas variedades seleccionadas para producir pimentón. En este sentido, el IMIDA ha sido la institución de referencia. En estos programas de mejora se han seleccionado materiales por criterios como la relación carotenoides rojos/carotenoides amarillos (se aprecia un color rojo lo más intenso posible) y grados ASTA (que miden el poder colorante) que gozan de una buena aceptación comercial. Recientemente, el IMIDA y el grupo de Mejora de *Capsicum* del COMAV están abordando la mejora de la conservación del poder colorante del pimentón durante el almacenamiento o, dicho de otro modo, la estabilidad de los carotenoides del pimentón ante procesos oxidativos. Así del mismo modo que se han identificado grandes diferencias entre variedades para el contenido en carotenoides amarillos y rojos, también se han identificado variedades cuyo pimentón es mucho más estable (Fita et al., 2014b; Sánchez et al., 2015), lo que abre la puerta a hibridar variedades para lograr materiales que produzcan pimentón con gran poder colorante y estable a la conservación, así como estudiar el modo de herencia de este atributo.

## 21.7. Logros y perspectivas

Como se describió en el apartado anterior, se han iniciado y obtenido notables avances en diversos programas de mejora enfocados a explotar la variación presente en las variedades locales para seleccionar y desarrollar materiales adaptados a sistemas de producción agrícola sostenible y a estreses asociados al cambio climático, así como para la mejora de la calidad funcional y organoléptica. Todos ellos deben considerarse avances considerables en un cultivo que, comparada con otra solanácea emparentada como el tomate, ha recibido menos atención por parte de la comunidad científica.

Sin embargo, aún quedan aspectos por avanzar, tanto en las líneas de trabajo mencionadas como en nuevos retos. Por ejemplo, sería interesante desarrollar estudios exhaustivos a nivel de polimorfismos de ADN en amplias colecciones de variedades locales, lo que permitiría conocer las relaciones filogenéticas entre variedades tradicionales españolas y entre tipos varietales, así como su nivel de diversidad genética y facilitaría la labor de los bancos de germoplasma. Con la salvedad de algunas iniciativas recientes por parte del COMAV, para establecer la primera colección nuclear de pimiento y especies relacionadas (*Capsicum sp.*) basada en AFLPs y microsatélites (SSRs) y que incluye variedades españolas entre las estudiadas (Rodríguez-Burruezo y Nuez, 2012), y del CITA, que ha iniciado estudios filogenéticos basados en SSRs (González-Pérez et al., 2014), queda mucho trabajo por hacer.

Por otro lado, el interés creciente del consumidor europeo y últimamente español por la disponibilidad de hortalizas tradicionales y la producción ecológica, supone un extraordinario punto de apoyo para recuperar comercialmente innumerables variedades tradicionales de pimiento. Las labores de caracterización, evaluación y selección de variedades con la mejor respuesta a modelos de cultivos de bajos insumos y sostenibles, complementado con su tipificación y el valor añadido basado en su valor funcional, en la línea mencionada del COMAV, serán imprescindibles para este fin.

A nivel de calidad funcional, conocidos los altos niveles de diversos compuestos bioactivos en el pimiento y a la luz de la riqueza observada en colecciones de variedades tradicionales, es preciso ir más allá de pruebas analíticas y determinar de forma precisa los efectos beneficiosos sobre la salud humana de los materiales seleccionados. En este sentido, existen pruebas sobre cultivos celulares que permiten estudiar sobre material vivo la capacidad antioxidante o antitumoral de extractos vegetales. Personal del Hospital La Fe de Valencia y el COMAV ha iniciado estudios del efecto de variedades ricas en luteína y zeaxantina para prevenir la degeneración de la mácula asociada a la edad en modelos celulares (Rodrigo et al., 2014). No obstante, estos estudios deberían ampliarse a las variedades tradicionales más destacadas conforme se vaya conociendo con detalle el perfil de compuestos bioactivos individuales de estas variedades.

Con respecto a temperaturas desfavorables, el pimiento es una especie termófila que requiere temperaturas moderadas-altas para un correcto desarrollo y producción (Nuez et al., 2003). Así, en los ciclos de cultivo bajo invernadero de Almería y Murcia, las bajas temperaturas invernales inducen un alargamiento de los frutos que reduce su valor comercial. Esto obliga a muchos agricultores, especialmente de Murcia, a aportar calefacción nocturna para mitigar estas deformaciones. A corto plazo resulta de mayor interés abordar la mejora para cuajado de calidad a baja temperatura. La identificación de materiales locales con buen cuajado y forma de fruto estable a bajas temperaturas es esencial para la mejora de variedades cultivadas bajo invernadero y producción de invierno-primavera, pues ahorraría costes de calefacción a los agricultores a la vez que contribuiría a una agricultura más sostenible.

En contraste, las temperaturas altas resultan menos problemáticas a nivel comercial, pues si bien el calor y humedad extremos que concurren bajo invernadero en verano pueden provocar problemas de cuajado y frutos aplastados, la producción concentra su mayor valor comercial antes de la época estival. En cualquier caso, a un plazo medio-largo, el aumento de temperaturas asociado al cambio climático exigirá la selección de materiales capaces de cuajar y dar frutos a temperaturas más altas de lo habitual.

Finalmente, además de explotar la interacción genotipo×ambiente para seleccionar y desarrollar variedades tradicionales mejoradas y adaptadas para la agricultura sostenible y/o por su calidad funcional y organoléptica, los programas de mejora de variedades tradicionales de pimiento podrían complementarse con algunos caracteres de interés presentes en las variedades modernas, con objeto de hacerlas más competitivas. Así, sería de desear que las variedades locales incorporaran resistencias a patógenos, en particular a virus como el bronceado (TSWV) o moteado suave (PMMoV).

## 21.8. Referencias

- Andrews, J. 1984. Peppers: The domesticated Capsicums. University of Texas Press. Austin, Texas, EEUU.
- Andrews, J. 2000. Chili peppers. pp 281-288. En K.F. Kiple y K.C.T. Ornelas (eds.), The Cambridge world history of food. Volumen 1. The Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Brugarolas, M.; Martínez-Carrasco, L.; Martínez-Poveda, A.; Ruiz, J.J. 2009. A competitive strategy for vegetable products: traditional varieties of tomato in the local market. Spa. J. Agr. Res. 7(2): 294-304.
- Carravedo Fantova, M.; Ochoa Jarauta, M.J.; Gil Ortega, R. 2005. Catálogo genético de pimientos autóctonos conservados en el banco de germoplasma de especies hortícolas de Zaragoza. Gobierno de Aragón, Zaragoza, España.
- Cordell, D.; Drangert, J.O.; White, S. 2009. The story of phosphorus: global food security and food for thought. Global Environ. Change 19: 292-305.

- CRF-INIA. 2016. Colecciones conservadas en el Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA. <http://wwwx.inia.es/coleccionescrf/> (consulta enero 2016).
- DeWitt, D. y Bosland, P.W. 1996. Peppers of the world: An identification guide. Ten Speed Press, Berkeley, California, EEUU.
- DeWitt, D. y Bosland, P.W. 2009. The complete chile pepper book: A gardener's guide. Timbre Press, Portland, Oregon, EEUU.
- Díez, M.J.; Fernández de Córdova, P.; Nuez, F.; Ruiz, J.J. 1998. Catálogo de semillas de pimiento. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- Eshbaugh, W.H. 1993. History and exploitation of a serendipitous new crop discovery. pp 132-139. En J. Janick y J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, Nueva York, EEUU.
- FAOSTAT. 2016. Base de datos estadística de la FAO. Producción mundial por cultivos registrada en 2013. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (consulta enero 2016).
- Fita, A.; Martínez M.D.; Guijarro-Real, C.; Rodríguez-Burruezo, A.; Raigón, M.D. 2014a. Efecto de la variedad y manejo del cultivo en la actividad enzimática del suelo. Resúmenes del XI Congreso Soc. Española Agricultura Ecológica "Agricultura ecológica y familiar": 109-110.
- Fita, A.; Pereira-Dias, L.; Ribes-Moya, A.; Guijarro, C.; Prohens, J.; Rodríguez-Burruezo, A. 2014b. Efecto de la fotoxidación en el contenido en carotenoides y el color del pimentón de frutos de pimiento (*Capsicum annuum*). XI Simposio Nacional sobre Maduración y Postcosecha. Avances en Poscosecha de Frutas y Hortalizas: 529-533.
- Fita, A.; Rodríguez-Burruezo, A.; Boscaiu, M.; Prohens, J.; Vicente, O. 2015. Breeding and domesticating crops adapted to drought and salinity: A new paradigm for increasing food production. Front. Plant Sci. 6:978.
- Fonseca, R.M.; Lopes, R.; Barros, W.S.; Lopes, M.T.G.; Ferreira, F.M. 2008. Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. Accessions along the upper Rio Negro-Amazonas. Crop. Breed. Appl. Biotech. 8:187-194.
- Garcés-Claver, A.; Gil-Ortega, R.; Álvarez-Fernández, A.; Arnedo-Andrés, M.S. 2007. Inheritance of capsaicin dihydrocapsaicin, determined by HPLC-ESI/MS, in an intraspecific cross of *Capsicum annuum* L. J. Agric. Food Chem. 55: 6951-6957.
- González-Pérez, S.; Garcés-Claver, A.; Mallor, C.; Sáenz de Miera, L.E.; Fayos, O.; Pomar, F.; Merino, F.; Silvar, C. 2014. New insights into *Capsicum spp* relatedness and the diversification process of *Capsicum annuum* in Spain. PLoS ONE 9(12): e116276.
- Grajera Facundo, J.; Gil-Torrvalvo, C.G.; Cano-Suárez, J.M.; Muñoz Atanasio, M.D. 2014. Fichas varietales de pimientos caracterizados en "La Orden". CITYTEX, Guadajira, Badajoz, España.
- Hammer, K.; Arrowsmith, N.; Gladis, T. 2003 Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources. Naturwissenschaften 90: 241-250.
- Hammer, K. and Khoshbakht, K. 2005. Towards a 'red list' for crop plant species. Genet. Res. Crop. Environ. 52: 249-265.
- IBPGR. 1983. Genetic resources of *Capsicum*: a global plan of action. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

- Lerma, M.D.; Ribes-Moya, A.M.; Fita, A.; Raigón, M.D.; Rodríguez-Burruezo A. 2014. Efecto del cultivo ecológico sobre el contenido en compuestos bioactivos del pimiento. Resúmenes del XI Congreso Soc. Española Agricultura Ecológica “Agricultura ecológica y familiar”: 86.
- Macua, J.I.; San Martín, C.J.; Arce, P.; Gil-Ortega, R. 1994. Selección de pimiento autóctono Piquillo de Lodosa. Actas de Horticultura 12:79-82.
- MAGRAMA. 2016a. Anuario Estadística Agraria (datos de 2014) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/#para1/> (consulta enero 2016).
- MAGRAMA. 2016b. Denominaciones de Origen Protegidas e Indicaciones Geográficas Protegidas españolas. <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/calidad-diferenciada/> (consulta enero 2016).
- Marín, J. 2015. Portagrano XV (2015-16). Vademécum de variedades hortícolas. J. Marín, Almería, España.
- Morales-Soto, A.; García-Salas, P.; Rodríguez-Pérez, C.; Jiménez-Sánchez, C.; Cádiz-Gurrea, M.L.; Segura-Carretero, A.; Fernández-Gutiérrez, A. 2014. Antioxidant capacity of 44 cultivars of fruits and vegetables grown in Andalusia (Spain). Food Res. Int. 58: 35-46.
- Moreno, E.; Fita, A.; González-Más, M.C.; Rodríguez-Burruezo, A. 2012. HS-SPME study of the volatile fraction of *Capsicum* accessions and hybrids in different parts of the fruit. Sci. Hortic. 135: 87-97.
- Muñoz-Falcón, J.E.; Prohens, J.; Rodríguez-Burruezo, A.; Nuez, F. 2008. Potential of local varieties and their hybrids for the improvement of eggplant production in the open field and greenhouse cultivation. J. Food Agric. Environ. 6: 83-88.
- NEIKER-Tecnalia, 2016. Banco de germoplasma de NEIKER-Tecnalia: Pimiento. <http://germoplasma.net/pepper/introduction/> (consulta enero 2016).
- Nicolaï, M.; Cantet, M.; Lefebvre, V.; Sage-Palloix, A.; Palloix, A. 2013. Genotyping a large collection of pepper (*Capsicum* spp.) with SSR loci brings new evidence for the wild origin of cultivated *C. annuum* and the structuring of genetic diversity by human selection of cultivar types. Genet. Resour. Crop Evol. 60: 2375-2390.
- Nuez, F.; Gil-Ortega, R.; Costa, J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Oh, S.; Song, J.; Lee, J.; Lee, G.; Ko, H.; Stoilova, T.; Krasteva, L.; Kim, Y.; Rhee, J.; Gwag, J.; Ro, N.; Hur, O.; Lee, M. 2012. Evaluation of genetic diversity of red pepper landraces (*Capsicum annuum* L.) from Bulgaria using SSR markers. Korean J. Intl. Agri. 24:547-556
- Pellegrini, N.; Serafini, M.; Colombi, B.; Del Rio, D.; Salvatore, S.; Bianchi, M.; Brighenti, F. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. J. Nutr. 133: 2812-2819.
- Penella, C.; Nebauer, S.G.; López-Galarza, S.; SanBautista, A.; Gorbe, E.; Calatayud, A. 2013. Evaluation for salt stress tolerance of pepper genotypes to be used as root-

- stocks. *J. Food Agir. Environ.* 11(3-4): 1101-1107.
- Penella, C.; Nebauer S.G.; López Galarza, S; San Bautista A.; Rodríguez-Burruezo, A.; Calatayud, A. 2015. Evaluation of some pepper genotypes as rootstocks in water stress conditions. *Hortic. Sci.* 71: 488-493.
  - Penella, C.; Landi, M.; Guidi, L.; Nebauer S.G.; Pellegrini, E.; San Bautista A.; Remorini, D.; Nali, C.; López Galarza, S; Calatayud, A. 2016. Salt-tolerant rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of photosynthetic performance and sinks strength. *J. Plant Physiol.* 193: 1-11.
  - Pereira-Dias, L.; Gil Villar, D.; Castell, V.; López, L.; Rodríguez-Burruezo, A.; Calatayud, A.; Quiñones, A.; Fita, A. 2015. Estudio de la diversidad en la adquisición y uso de fósforo en *Capsicum sp.* XIV Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. *Actas de Horticultura* 71: 517-520.
  - Pochard, E. 1966. Donnes experimentales sur la selection du pimiento (*Capsicum annum* L.) *Am. Am. Plantes* 16(2): 185-197.
  - Red Andaluza de Semillas. 2016. Red de resiembra e intercambia de variedades locales de cultivo: listado existencias banco local Primavera-Verano 2016. <http://www.redandaluzadesemillas.org/red-de-resiembra-e-intercambio-177/informes/article/andalucia-listado-existencias-2047> (consulta enero 2016)
  - Ribes-Moya, A.M.; Guijarro-Real, C.; Rodríguez-Burruezo, A.; Fita, A. 2014. Capsicum root diversity for improved tolerance to abiotic stresses. *J. Biotechnol.* 185S: 117.
  - Ribes-Moya, A.; Guijarro-Real, C.; Fita, A.; Raigón M.D.; Rodríguez-Burruezo, A. 2015a. Estudio comparativo del contenido en ácido ascórbico de una colección de ecotipos de pimiento Morrón (*Capsicum annum*) bajo condiciones de cultivo ecológico y convencional. XIV Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. *Actas de Horticultura* 71: 159-162.
  - Ribes-Moya, A.; Raigón, M.D.; Fita, A.; Guijarro-Real, C.; Figueroa, M.; Hurtado, R.; Rodríguez-Burruezo, A. 2015b. Recuperación de variedades tradicionales de pimiento para su uso en cultivo ecológico: selección por su valor añadido en antioxidantes. *Resúmenes de las XXIII Jornadas Técnicas de la SEAE*: 53.
  - Rodrigo, R.; Sebastián, N.; Martínez, C.; Rodríguez-Burruezo, A. 2014. Potencial efecto protector de *Capsicum spp* en la toxicidad inducida por peróxido de hidrógeno en células fotorreceptoras retinianas. *Revista Española Nutrición Humana y Dietética* 18(sp.1): 52-53.
  - Rodríguez-Burruezo, A.; Raigón, M.D.; Nuez, F. 2006. Variación de compuestos nutricionales en una colección de tipos varietales de pimiento (*C. annum*). III Congreso de Mejora Genética de Plantas. *Actas de Horticultura* 45: 91-92.
  - Rodríguez-Burruezo, A. y Nuez, F. 2006. Mejora de la calidad en el pimiento. pp. 361-391. En G. Llácer, M.J. Díez, J.M. Carrillo, M.L. Badenes (eds.), *Mejora genética de la calidad en plantas*. Editorial UPV, Valencia, España.
  - Rodríguez-Burruezo A.; Raigón, M.D.; Prohens, J.; Nuez, J. 2009. Variation for bioactive compounds in ají (*Capsicum baccatum* L.) and rocoto (*C. pubescens* R. & P.) and implications for breeding. *Euphytica* 170: 169-181.

- Rodríguez-Bao, J.M.; Terrén-Povés, L.; River-Martínez, A.; Andrés-Ares, J.L.; Fernández-Paz, J. 2004. Pimientos autóctonos de Galicia. *Horticultura Internacional* 43: 34-40.
- Rodríguez-Burruezo, A.; Raigón, M.D.; Prohens, J.; Nuez, F. 2010a. Characterization for bioactive compounds of Spanish pepper landraces. 28th International Horticultural Congress (ISHS). *Acta Horticulturae* 918: 537-543.
- Rodríguez-Burruezo, A.; Kollmannsberger, H.; González-Mas, M.C.; Nitz, S.; Nuez, F. 2010b. HS-SPME comparative analysis of genotypic diversity in volatile fraction and aroma contributing compounds of *Capsicum* fruits from the *annuum-chinense-frutescens* complex. *J. Agric. Food Chem.* 58: 4388-4400.
- Rodríguez-Burruezo, A.; Nuez, F. 2012. Avances en el desarrollo de una colección nuclear de pimiento y especies relacionadas en el banco de germoplasma del COMAV-UPV. VI Congreso de Mejora Genética de Plantas. *Actas de Horticultura* 62: 85-86.
- Rodríguez-Burruezo, A.; Lerma, M.D.; Moreno, E.; Raigón, M.D.; Figueroa, M.; Fita, A. 2013. Effect of conventional and organic conditions on the levels of ascorbic acid of *Capsicum* peppers. XV EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum & eggplant. Breakthroughs in Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant: 439-442.
- Rodríguez-Burruezo, A.; Rodríguez-Ponte, V.A.; García-Martínez, M.D.; Moreno Peris, E.; Lerma-Lerma, M.D.; Esteve-Ciudad, P.; Raigón, M.D. 2013. Effect of the genotype and the ripening stage on the content of bioactive compounds in *Capsicum annum* peppers. *Curr. Opin. Biotech.* 24: S96.
- Rodríguez-Maza, M.J.; Garcés-Claver, A.; Park, S.W.; Kang, B.C.; Arnedo-Andrés, M.S. 2012. A versatile PCR marker for pungency in *Capsicum spp.* *Mol. Breed.* 30: 889-898.
- Sánchez, E.; Gomariz, J.; Garrido, I.; López, N.; Rodríguez-Burruezo, A.; Flores, P. 2015. Estudio del poder colorante y su estabilidad en pimentón con diversos orígenes varietales. XIV Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. *Actas de Horticultura* 71: 262-265.
- Taboada Arias, A.; Rivera Martínez, A.; Pomar Barbeito, F.; Rodríguez Bao, J.M.; Terrén Povés, L.; Ribeiro Leira, M. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de pimientos autóctonos de Galicia. XXXVII Seminario Técnicos y Especialistas Horticultura: 325-336.
- Ugás, R. y Mendoza, V. 2013. El punto de ají. Investigaciones en *Capsicum* nativos. Programa de Hortalizas Universidad Nacional Agraria La Molina. UNALM, Lima, Perú.

## **22. Melón**

---

**M. Luisa Gómez-Guillamón\* y José M. Álvarez**

IHSM La Mayora, UMA-CSIC

29750-Algarrobo, Málaga

\* guillamon@eelm.csic.es

**22.1. Introducción**

**22.2. Variedades locales españolas**

**22.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

**22.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación y utilización en programas de mejora**

**22.5. Logros y perspectivas**

**22.6. Referencias**

## 22.1. Introducción

La gran variabilidad de muchos caracteres del melón (*Cucumis melo* L.), principalmente los referentes al fruto, hace que sea una de las hortalizas más estudiadas, tanto desde el punto de vista teórico como práctico (Pitrat, 2008). Hasta ahora, ni su origen ni su domesticación están claramente definidos. Lo que más ha contribuido a la confusión sobre su lugar de origen ha sido las discrepancias en torno a la distribución de sus formas silvestres. Parece que el ancestro silvestre del melón es originario de África y fue posteriormente domesticado en Oriente medio y en la India (Robinson y Decker-Walters, 1997) donde se cultivaba ya en el año 2000 antes de Cristo y donde coexisten y aún se cultivan diversas variedades botánicas muy diferentes de los tipos dulces conocidos actualmente (Stepansky et al., 1999). Las formas silvestres del melón, con frutos menores de 50 gramos se localizan en el Este y Oeste de África, aunque también se encuentran desde Asia Central hasta la India. Tanto los tipos dulces como los no dulces se desarrollaron y evolucionaron independientemente. Cuando se comparan con los melones silvestres, los cultivares actuales se caracterizan por tener frutos grandes, no amargos o sin cucurbitacina, con carne gruesa y semillas y hojas grandes. Estas características, presentes en casi todos los cultivares de melón y ausentes en sus formas silvestres, son resultado de la domesticación. La mayoría de los otros caracteres de los melones silvestres como la expresión sexual, la forma del fruto, el color del fruto y de la carne, azúcar, aroma... deben ser considerados como caracteres de diversificación o de selección pero no de domesticación (Pitrat, 2012, 2013). Hay constancia de su cultivo primero en Asia (Paris et al, 2012), a partir de donde se dispersó sufriendo entonces una diversificación en muchos cultivares (Kerje and Grum 2000; Pitrat 2008). Como resultado de dicha expansión el melón se adaptó a diferentes zonas geográficas originándose centros secundarios de diversificación en países como China, Corea, Portugal y España. Algunos autores defienden que los romanos fueron los que lo introdujeron en España, ya que el melón se conocía en nuestro país antes de la dominación árabe del siglo VII aC dado que el nombre castellano procede del latín y no del árabe (Esquinas-Alcázar, 1981). Los árabes introdujeron nuevas variedades, melones más parecidos a los actuales, pertenecientes a la variedad '*inodorus*'. Posteriormente, Colón lo llevó a América junto con la sandía ya en su primer viaje.

La clasificación taxonómica más actualizada es la realizada por Pitrat (2008) que propone dos subespecies, *agrestis* y *melo* aunque esta clasificación no está formalmente aceptada y muchos autores han sugerido cambios a raíz de nuevos estudios moleculares. Casi la totalidad de los melones tradicionales o variedades locales cultivadas en nuestro país y en toda la cuenca mediterránea pertenecen a la subespecie *melo* variedad *inodorus*. Las plantas, de esta variedad, son andromonoicas, con frutos no climatéricos que varían de redondos a elípticos, a veces apuntados en el extremo, de piel que varía desde blanca y amarilla hasta verde oscuro, de color uniforme o con manchas y/o punteado, lisa o arrugada, con o

sin costillas. La carne es dulce y suelen tener poco aroma. En este grupo se incluyen todas las variedades tradicionales españolas, Piel de Sapo, Amarillo, Rochet y Tendral así como otras de dispersión más local. En el levante español se cultivaba y aún pueden encontrarse cultivos del 'alficós', un tipo perteneciente a la variedad *flexuosus*, de plantas monoicas, con frutos alargados o muy largos (1-1,5 m), de piel verde claro, acostillada o muy rugosa. La carne es blanca o ligeramente anaranjada, harinosa en la madurez, sin azúcar ni aroma. Este tipo también se cultiva ampliamente desde el Norte de África, Turquía, Irak, hasta la India y se utiliza el fruto inmaduro para ensaladas, como el pepino. Monforte et al. (2003) determinan la gran divergencia existente entre dos grupos, uno con las entradas procedentes de la cuenca Mediterránea y otro con las procedentes de Japón, Corea, China y la India. Dentro de cada uno de estos grupos hay indicios de pérdida de variabilidad.

## 22.2. Variedades locales españolas

Los cultivares españoles tienen una amplia base genética común y sus características distintivas sugieren para ellos un origen común posiblemente en la India (Esquinas- Alcázar, 1981, Dane, 1983) En nuestro país existe una diversidad enorme de tipos de melón atendiendo a las características de sus frutos, y podría decirse que existían tantas variedades casi como mercados locales. Los frutos de estas variedades locales varían desde el color blanco de la piel hasta el color verde oscuro, pasando por el amarillo y una amplia gama de tonos verde; las hay de frutos, redondos, ovales, elípticos, oblongos, cilíndricos y alargados, de piel lisa o más o menos arrugada, de color uniforme, punteados o con manchas de forma variada, pequeñas y grandes; la carne suele ser blanca, blanco verdosa o blanco anaranjada, aunque hay también algunas variedades de carne color salmón; puede ser más o menos crujiente, normalmente jugosa y más o menos dulce, aunque hay también variedades de textura más harinosa. El aroma suele ser generalmente escaso, salvo en las llamadas cocas y en otros aunque muy pocos, climatéricos. No obstante, si se quisiera hacer una agrupación de estas variedades locales españolas atendiendo a las características de sus frutos se podría hacer una clasificación general en variedades de tipo Amarillo, Verdes, que agrupa a su vez a los tipos Piel de Sapo y Rochet y el tipo Tendral. Otros grupos minoritarios serían los blancos y las cocas así como existen otros tipos bastante menos conocidos y restringidos a mercados muy locales.

Las variedades de tipo Amarillo son muy numerosas y se han cultivado tradicionalmente en la zona de Murcia, Andalucía y Extremadura, aunque hay también variedades de este tipo que proceden de Valencia y Cataluña. Como el nombre indica, los frutos son de piel amarilla, y su forma es muy variable, desde redondeados a alargados, cubriendo toda una gama de amarillos, desde pálido hasta un amarillo intenso casi naranja; en general son de color uniforme, aunque hay algunos con punteado e incluso con manchas verdes, algunas muy características, poligonales, procedentes estas últimas de las provincias de Cáceres, Jaén y Córdoba y que en algunas publicaciones se engloban dentro del tipo 'Hilo Carrete', por ser

éste el nombre local de la primera variedad, procedente de Cáceres, que se describió con estas características (Gómez-Guillamón et al., 1986). La piel puede ser lisa o muy rugosa y si tienen escriturado éste es muy variable. Algunos son acostillados La carne es predominantemente blanca o blanco-verdosa, más o menos crujiente y dulce. Algunas variedades tienen la carne de color salmón (ej. 'ANC-42', de la provincia de Málaga) pertenecientes a la variedad *cantalupensis*.

La zona tradicional de cultivo de las variedades de tipo Piel de Sapo es Castilla- La Mancha, cultivándose también en esta zona y en Madrid un tipo de melón parecido y conocido como Mochuelo. Estas variedades son las más apreciadas en nuestro país. No obstante, el cultivo de este tipo está bastante extendido por España, encontrándose variedades locales en Valencia, Extremadura, Andalucía, Cataluña, Murcia... Se corresponde con melones de forma que puede variar de oval o elíptica a alargada, de piel verde con manchas de color verde oscuro muy características y que le da el nombre al tipo. Pueden ser lisos o de rugosidad variable, e incluso algunas variedades locales procedentes de la provincia de Córdoba ('Melón del país' de San Sebastián de los Ballesteros) y Badajoz ('Tortuga de caballo' de Medellín) presentan costillas. La carne es blanca, crujiente y muy dulce y jugosa. En su gran mayoría las variedades de tipo Rochet se han cultivado tradicionalmente en el este peninsular, desde Cataluña hasta Andalucía, siendo Valencia y Murcia las comunidades en las que este tipo es muy conocido. Algunos melones de este tipo se han encontrado también en Aragón ('Melón común') y Extremadura ('Manto del señor'). Los frutos son en su mayoría ovals o elípticos, más o menos alargados, de piel verde, sin manchas, con un punteado característico amarillento o anaranjado, más o menos escritos, lisos o ligeramente rugosos, de carne blanca, jugosa y dulce.

Los melones de tipo Tendral corresponden a variedades cuyos frutos suelen ser redondeados u ovals, tienen la piel de color verde muy oscuro, con una rugosidad de media a muy fuerte y carne blanca. Son los conocidos como melones de invierno y debido a su corteza tan arrugada y gruesa resisten muy bien el transporte, no son climatéricos, por lo que no maduran después de la recolección y tienen un largo periodo de conservación. La mayoría de las variedades locales de este tipo proceden de Valencia, Murcia y Andalucía donde su cultivo ha sido más tradicional. En Andalucía, Valencia y Extremadura se han encontrado unas variedades que corresponden al grupo Blanco. Estas variedades tienen frutos de forma oval o elíptica, que pueden escriturarse o no y se caracterizan por su piel de color blanco uniforme o blanquecino, sin manchas, más o menos rugosa. La carne es blanca o blanco-cremosa, jugosa y dulce. Este tipo se corresponde con el tradicionalmente cultivado en Portugal en la zona del Alentejo, junto a Extremadura y a los que se les denomina genéricamente 'Branco'.

Existen otros tipos también de frutos dulces pero ya con menos representantes entre los que podemos citar por ejemplo las cocas, de frutos redondeados, carne blanca y blanda

y aromáticos, cultivados en ciertas zonas de Andalucía y otros muy localizados, como el tipo Verdejo, de frutos más o menos ovalados, de piel verde amarillenta, manchados y más o menos rugosos, de la Comunidad Valenciana. También se puede citar el tipo Piñonet, con frutos de piel verde, sin manchas, elípticos en su mayoría, medianamente rugosos y de carne blanca o blanco-verdosa y cuya semilla tiene forma de piñón, de donde le viene el nombre; a este tipo pertenecen variedades procedentes la mayor parte de Andalucía y Valencia. Y hay muchas otras variedades cuyas características no encajan en ninguno de los grupos enumerados anteriormente y que probablemente tienen un consumo muy local. Los alficoces son un grupo de variedades con frutos de carne harinosa cuando maduros y sin azúcar. Como se ha dicho anteriormente son de frutos muy alargados, serpentiformes, que se consumen fundamentalmente en estado inmaduro en ensaladas. Se cultivan en la Comunidad Valenciana y Murcia.

Aunque mucho menos importantes que en otros países, en España también se conocen algunas variedades locales pertenecientes a la variedad *cantalupensis*, con carne color salmón (ej. 'Tortuga', 'ANC42'). A pesar de que las variedades locales existentes en nuestro país se han intentado agrupar en tipos diferentes, la alta alogamia del melón, su cultivo al aire libre y la forma en que estas variedades locales se han mantenido, han sido factores que han hecho que en un buen número de ellas exista una falta de importante de uniformidad intracultivar en lo que a las características de fruto se refiere. Esto en sí mismo y para mantenimiento de la biodiversidad en la especie puede ser importante, pero ha dificultado las labores de mejora en las que estas variedades se han utilizado. La variabilidad intra e intercultivar en las variedades locales españolas se ha estudiado en varios trabajos usando marcadores moleculares existiendo una amplia base genética que puede ser aprovechada para la mejora de melón (López-Sesé et al., 2002, 2003a, 2003b).

Las variedades locales de melón, como el resto de hortícolas, suelen presentar una buena adaptación a las condiciones agroecológicas de las zonas en que se cultivan lo que permitiría cultivar con menor modificación del medio y menor utilización de insumos (Nuez et al., 1997); sin embargo, suelen ser menos productivas y con cierta, a veces importante, heterogeneidad en los frutos. Esto ha hecho que desde la mejora se haya contribuido a la sustitución por parte del agricultor de las variedades locales tradicionales por híbridos  $F_1$  genéticamente uniformes. Estos híbridos se han desarrollado a partir del material genético de las variedades locales de forma que, lamentablemente, las variedades mejoradas han menoscabado la conservación de los materiales que han permitido su obtención (Nuez et al., 1997), los cuales han ido desapareciendo en muchas zonas. Afortunadamente, muchas de estas variedades autóctonas que ya han dejado de cultivarse han podido recogerse antes de que se pierdan definitivamente y han sido guardadas en Bancos de Germoplasma.



**Figura 1.** Variabilidad en frutos de melón autóctonos.

### **22.3. Variedades locales conservadas en colecciones**

Durante los años 1981, 1982, 1983, 1984 y 1985, con financiación de la CICYT y del IPGRI (FAO) diversos grupos de investigación se hicieron cargo de la recolección y caracterización de material autóctono español de distintas especies hortícolas, incluido el melón. Así se iniciaron las colecciones activas de esta especie mantenidas actualmente en nuestro país, en diversas instituciones, entre las que se han de destacar el Banco de Germoplasma de Hortícolas de Zaragoza (BGHZ), el Instituto de la Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) y la colección de melón adjunta al Departamento de Mejora Vegetal y Biotecnología del Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea, La Mayora (IHSM-La Mayora, UMA-CSIC). Duplicados de estas colecciones se mantienen en condiciones de conservación a largo plazo en el Banco Nacional de Germoplasma en el Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF) del INIA en Madrid.

Desde entonces y con la financiación de sucesivos proyectos INIA destinados a la colección, prospección, mantenimiento y evaluación de recursos fitogenéticos hortícolas se ha llevado a cabo la reproducción y evaluación de germoplasma de melón colectado. En estos proyectos han participado importantes instituciones de nuestro país que trabajan en la especie a saber, COMAV, BGHZ, el IHSM-La Mayora, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Centro de Mejora Agraria “El Chaparrillo” de Ciudad Real e Instituto de Investigaciones Agrarias Finca La Orden – Valdesequera. Esta actividad ha dado lugar a numerosas publicaciones y presentaciones a congresos (ej. Gómez-Guillamón et al., 1985; Anastasio et al., 1986; Nuez et al., 1986, 1988...). Gran parte de la caracterización del material correspondiente se ha incluido en el Catálogo de Semillas de Melón publicado por el INIA en 1996 (Nuez et al., 1996). Además, desde el IHSM La Mayora se coordinó entre 2000 y 2002 un proyecto financiado por la Comunidad Europea que dio lugar a la constitución de la primera colección nuclear europea de melón donde se incluyen 186 cultivares de

melón y especies silvestres relacionadas de diversas partes del mundo de los cuales 20 son variedades autóctonas españolas. Resultados parciales de la actividad desarrollada en el mismo ha dado lugar a varias publicaciones (Díaz et al., 2003). Pocas zonas quedarían ya por prospectar para la colecta de variedades locales en España.

## **22.4. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación y utilización en programas de mejora**

La mejora ha contribuido a la sustitución de las variedades locales tradicionales por cultivares modernos de amplia difusión y genéticamente uniformes. Con el cultivo de híbridos F1 se ha conseguido una homogeneidad general y una mayor producción así como resistencia a enfermedades. El potencial de las variedades locales de melón viene dado por su adaptación a las zonas de cultivo y por la posesión de características demandadas por el mercado. De hecho, el desarrollo de estos híbridos se ha hecho manteniendo las características generales distintivas de las variedades tradicionales más extendidas. Los más importantes son los pertenecientes a los tipos Amarillo y Piel de Sapo. Los híbridos de tipo Amarillo, tienen frutos ovales o redondeados, piel amarilla, más o menos rugosa y carne blanca y los de tipo Piel de Sapo, con frutos elípticos u ovalados, más o menos apuntados, piel de color verde con manchas más oscuras características y carne blanca y crujiente. En ambos casos la carne tiene un alto contenido en azúcares. También se han desarrollado híbridos con características pertenecientes a tipos minoritarios como Rochet, Tendral y más recientemente, Branco. El potencial de estas variedades como fuente de variación para conseguir variedades comerciales con caracteres de fruto adecuados al mercado nacional está demostrado y ha sido suficientemente explotado. La genética de estos caracteres ha sido muy estudiada en material diverso, principalmente foráneo, aunque también hay estudios realizados en poblaciones obtenidas a partir de cruzamientos entre material foráneo y autóctono; además, se han localizado varios genes importantes en el genoma del melón lo que ha ayudado a su manejo en mejora (Dogimont, 2010-2011). Los conocimientos adquiridos han servido para desarrollar material comercial a partir de algunas de estas variedades locales españolas. Muchos de estos caracteres tienen una herencia mendeliana y para estudiar su genética ha sido suficiente disponer de las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y retrocruces. Pero para el estudio de otros caracteres como el contenido en azúcar, la forma del fruto, el peso, la precocidad... se hecho necesaria la utilización de poblaciones más sofisticadas, como dobles haploides, líneas recombinantes o líneas de introgresión (Pitrat 2013).

Algunos QTL relacionados con la forma del fruto han sido mapeados en varias poblaciones en al menos cinco grupos de ligamiento; uno de ellos se co-localiza con el locus *a* de andromonoecia en el grupo II (Périn et al., 2002; Monforte et al., 2004; Eduardo et al., 2007; Fernández-Silva et al., 2010; Díaz et al., 2011). La forma del fruto está correlacionada con la forma del ovario y se han descrito QTL recesivos en su mayoría para la longitud y anchura. (Pitrat, 2013). El peso del fruto en los cultivares autóctonos varía entre 2 o 3 kg, pero hay

entradas con frutos más pequeños (500-800 g) o mayores (5-6 kg). Este carácter es poligénico con un control principalmente recesivo (Pitrat, 2013).

En cuanto al color de la piel del fruto se distinguen los colores blanco, amarillo, naranja o verde, uniforme o con punteado y/o manchas y/o bandas. El color blanco en el fruto maduro está regido por el gen *w*, recesivo frente a verde oscuro (Hughes, 1948). El color de la piel es resultado de la combinación de tres pigmentos principales, clorofila, carotenoides y naringerina-chalcona, siendo éste último un flavonoide responsable del color amarillo. La acumulación de este flavonoide está regida por un solo gen (*Nca*) que es dominante sobre no acumulación que daría lugar al color verde oscuro. La acumulación de la clorofila y los carotenoides segregan juntos, como un solo gen dominante e independiente del anterior (Tadmor et al., 2010). Se han descrito otros genes menores que controlan la cantidad de acumulación de estos pigmentos y por lo tanto determinan la intensidad del color. Por otro lado, Monforte et al., (2004); Eduardo et al., (2007); Obando et al., (2008) describen un control poligénico del color externo de los frutos en un cruce entre 'Piel de Sapo' y PI 161375 (variedad de melón coreana). El punteado está controlado por el gen recesivo *spk*, mapado en el grupo de ligamiento VII (Périn et al., 2002). La presencia de manchas en el fruto está regida por el gen *mt-2*, recesivo con respecto a color del fruto uniforme (*Mt-2*) y localizado en el grupo de ligamiento II (Perin et al., 2002).

El acostillado del fruto está controlado por el gen recesivo *s-2* que se ha mapado en el grupo de ligamiento XI (Périn et al., 2002). La rugosidad del fruto está controlada por un gen recesivo, *ri*, frente a fruto liso (Takada et al., 1975). Un gen dominante (*Rn*) controla la presencia de reticulado, independientemente de su intensidad, se localiza en el grupo II y está estrechamente ligado al gen *fom1.2a*, que da resistencia a fusariosis; otros genes menores influyen en la intensidad de este reticulado (Herman et al., 2008). Park et al (2009) describieron algunos QTL para la altura y anchura del reticulado. Cuando se realizaron los primeros estudios genéticos sobre la herencia del color de la carne parecía un carácter sencillo, controlado por dos genes, el gen *gf* responsable del color verde y recesivo frente al color salmón o naranja (Hughes, 1948) y el gen *wf* que en homocigosis determina el color blanco (Iman et al., 1972). Sin embargo, posteriormente se ha visto que su control genético depende de los tipos de melón con los que se trabaje. Se ha estudiado la segregación para este carácter en poblaciones obtenidas a partir de parentales de color verde y naranja y de color verde y blanco de forma que se han descrito varios QTL para el color de la carne (Monforte et al., 2004, Eduardo et al., 2007; Obando et al., 2008). Recientemente se han descrito tres QTL asociados al color de la carne con una potencial relación epistática entre ellos (Cuevas et al., 2009, 2010). Además, se han localizado cinco QTL asociados al contenido en beta-caroteno y relacionados con la intensidad del color naranja (Cuevas et al., 2008).

Para que un melón sea dulce tiene que tener un alto contenido en sacarosa y baja acidez; se ha descrito un gen recesivo, *suc*, que controla la acumulación de sacarosa (Burger et

al., 2002) así como se han localizado varios QTL asociados al contenido total de sólidos solubles y de azúcar en varias poblaciones (Monforte et al., 2004; Sinclair et al., 2006; Park et al., 2009; Harel-Beja, 2010). La alta acidez de la carne en el fruto maduro está regida por el gen dominante *So-2*, mapado en el grupo de ligamiento XII (Danin-Poleg et al., 2002). Los melones maduros no son normalmente amargos, pero cuando inmaduros pueden ser amargos o no y este carácter parece estar bajo la acción complementaria de dos genes independientes (Ma et al., 1997). También la textura de la carne es muy variada, y la genética del carácter depende del material vegetal empleado en su estudio. Las divergencias encontradas están probablemente relacionadas con la dificultad del fenotipado de este carácter. Chadha et al. describieron, en 1972, una herencia monogénica recesiva para fruto jugoso (gen *jf*). La abscisión del fruto en la madurez, carácter presente en los frutos climatéricos, está controlada por dos loci independientes en diferentes estudios genéticos, aunque no se han realizado las pruebas de alelismo pertinentes; los genes *Al-3* y *Al-4* se han mapado en los LG VIII y IX (Perin et al., 2002). También se ha descrito el gen dominante *Al-5* que controla la formación de la capa de abscisión en frutos climatéricos de tipo cantalupo (Zheng et al., 2002). Por último, la cavidad central está regida por el gen dominante *Ec*, mapado en el grupo de ligamiento III y que controla la separación de carpelos en fruto maduro ocasionando la aparición de una cavidad central (Périn et al., 1999, 2002). Todos estos estudios han facilitado la obtención de híbridos de melón con frutos de diferente tipo y en este aspecto, de forma que hoy día puede encontrarse en los diferentes mercados toda una variedad de tipos de acuerdo a las demandas del consumidor. En nuestro país no cabe duda de que las variedades tradicionales han contribuido a su consecución a través de programas de mejora llevados a cabo por las diferentes casas de semillas españolas y extranjeras implantadas en nuestro país.

Como defienden Nuez et al. (1997), los criterios de uniformidad prevalecientes en los mercados actuales, junto con las estrictas normas de uniformidad establecidas por varias organizaciones, como la UPOV, han llevado a una menor utilización de estas variedades locales. Además, debido a la internacionalización de la agricultura, las pequeñas unidades de autoconsumo han ido desapareciendo siendo ellas las que mantenían un elevado grado de diversidad. Por otro lado los mercados de semillas han hecho que los productores comerciales decidan de acuerdo con sus objetivos económicos los productos que van a ser destinados a cada mercado (Duvick, 1992; Nuez y Fernández de Córdova, 1994), centrándose en la obtención de híbridos. Es hartamente conocido que con el paso de los años la investigación pública se ha centrado en la investigación básica, dejándose la investigación aplicada a la empresa privada lo que ha llevado al desarrollo de cultivos económicamente interesantes para ellos y a una atención reducida a las variedades locales (Duvick, 1992; Nuez, 1995).

Como se ha dicho anteriormente, las tendencias del mercado dominantes hasta el momento han hecho un énfasis especial en la uniformidad. Sin embargo, en la actualidad, el consumidor de los países más desarrollados empieza a exigir algo más que buena presentación,

existiendo una opinión negativa muy generalizada entre los consumidores sobre las cualidades organolépticas de muchos productos procedentes de variedades modernas de especies como el tomate, en la que existe una tendencia actual hacia el cultivo de variedades locales para la recuperación del sabor y otras características organolépticas; sin embargo, no ocurre así en melón. Los híbridos de melón cumplen, en general con las demandas del mercado en cuanto a tipo de fruto, textura de la carne y contenido en azúcar. Las características organolépticas de los híbridos que se comercializan son buenas y no existe vacío o demanda en el mercado al respecto. Estos híbridos tienen además una mayor producción y resistencia a algunas de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo de esta especie en nuestro país; las resistencias a *Podosphaera xanthii*, razas 1, 2 3-5, y 5, *Fusarium oxysporum* fsp *melonis*, razas 0, 1 y 2 son las más frecuentes, aunque también existen híbridos con resistencia al virus del cribado (MNSV) y algunos con tolerancia al pulgón *Aphis gossypii*, y/o a la transmisión de virus por *A. gossypii* (gen *Vat*).

## 22.5. Logros y perspectivas

Recientemente, la agricultura ecológica quiere dar valor a las variedades locales lo que podría permitir su aprovechamiento para adaptación a las condiciones ambientales de una región determinada. Las evidencias existentes sugieren, por ejemplo, que las variedades locales podrían verse menos afectadas por estreses de tipo ambiental como la salinidad y la sequía. En algunas de las variedades locales españolas se han encontrado algunas resistencias de interés al oídio causado por *P. xanthii* y a la fusariosis vascular ocasionada por *F. oxysporum* fsp *melonis* (Alvarez et al. 2005). Entre las resistencias al oídio se ha descrito hasta ahora resistencia en diez entradas, siete de ellas de Andalucía en la provincia de Málaga y Cádiz y pertenecientes a los tipos Amarillo, Blanco y Tendral. Son resistentes a la raza 1 y algunas también lo son a la raza 2 ('ANC-29', 'ANC-44', 'ANC-46', 'Melón amarillo' de San Enrique del Guadiaro, Ariso, CMC-23 y Negro de Ardales) (Gómez-Guillamón y Torés, 1989, Alvarez et al., 2005). La resistencia a la fusariosis causada por las razas 0 y 2 de *Fom* son las más frecuentes y entre las variedades locales resistentes se pueden citar 'Amarillo cáscara pinta', 'Amarillo manchado', 'Banda de Godoy', 'El Encín 4078', 'Madura Amarilla' y 'Tortuga', todas ellas de Extremadura. En esta región el hongo debe ser endémico por lo que solamente han sobrevivido las variedades que portaban resistencia. El mantenimiento de las semillas realizado por el agricultor en el material original seleccionado ha llevado consigo una mejora de estos cultivares antiguos (Alvarez et al., 2005). Actualmente, la raza 1.2 sobrepasa la resistencia de los genes descritos y eficaces frente a las otras razas y hay que destacar como muy interesante un alto nivel de resistencia a la raza 1.2 en la entrada BG-5384, también de Extremadura, recesiva, no específica de raza y poligénica (Chikh-Rouhou et al., 2010, 2011).

Sin embargo, el cultivo de estas variedades locales es poco menos que imposible debido fundamentalmente a diferentes plagas y enfermedades exóticas introducidas a las cuales

las variedades locales son susceptibles. Con esto, la producción y calidad de las variedades tradicionales se vería afectada notablemente. En el caso del melón, por ejemplo, las variedades locales son sensibles a diversos virus de reciente introducción como son los virus del amarilleo del melón o pseudoamarilleo de la remolacha (MYV~\_ BPPV) transmitido por la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, el virus del enanismo amarillo de las cucurbitáceas (CYSDV), y más recientemente el virus de las venas amarillas del pepino (CVYV) y el del rizado amarillo (ToLCNDV) transmitidos por *Bemisia tabaci*. Estas son virosis que afectan a los cultivos bajo invernadero donde el ambiente es ideal para el mantenimiento de las poblaciones de mosca blanca. Se conoce la genética de la resistencia a algunas de estas virosis (Dogimont, 2010-2011), pero las fluctuaciones ambientales hacen que no pueda controlarse totalmente a su vector y lo que no existe es resistencia a la mosca blanca. En algunas entradas asiáticas se ha descrito resistencia a MYV (Soria et al., 1989) y en una entrada de *C. melo* var *agrestis* existe cierta tolerancia a su vector y una resistencia parcial a MYV controlada por un gen parcialmente dominante (Nuez et al., 1999); en PI 161375 la tolerancia al virus está controlada por un gen parcialmente recesivo (Esteve and Nuez, 1992). Se ha descrito una resistencia parcial a CYSDV en una línea de origen indio, PI 313970 (McCreight and Wintermantel, 2008), de control recesivo y en una línea de melón procedente de Zimbabwe, TGR-1551 (López-Sesé and Gómez-Guillamón, 2000) también con control recesivo (McCreight et al., 2015). Se ha localizado una tolerancia a la transmisión mecánica del ToLCNDV en *Cucumis melo* ssp. *agrestis* var. *momordica* y en entradas silvestres de *agrestis* procedentes de la India donde se describió por primera vez el virus (López et al., 2015). Una tolerancia a CVYV de carácter recesivo controlada por el gen *cvy-2* se ha descrito en una entrada procedente de Sudán (Pitrat et al., 2012).

Con respecto a las virosis transmitidas por pulgones se han descrito resistencias, aunque no en material autóctono. Son muchos los virus que afectan al melón y son transmitidos por *A. gossypii* y otros pulgones, pero los más importantes en España son el virus del mosaico del pepino (CMV) y el de la sandía (WMV) y más recientemente, el virus de amarilleo transmitido por pulgón (CABYV). Se ha descrito resistencia al CMV en algunos cultivares procedentes de Asia (Hirai and Amemiya, 1989; Daryono et al., 2003; Díaz et al., 2003) y de otras procedencias, como Irán (Arzani and Ahoonmanesh, 2000) y la India (Dhillon et al., 2007). La resistencia a este virus es poligénica y algunas resistencias encontradas suelen ser específicas de la cepa, como la otorgada por el gen *Creb-2* (Daryono et al., 2010). Se han encontrado hasta siete QTL implicados en la resistencia a tres cepas diferentes en PI 161375 (Dogimont et al., 2000), uno de ellos localizado en el grupo XII (Dogimont et al., 2000; Essafi et al., 2009). Existe una resistencia parcial al WMV descrita en una línea procedente de la India, PI 414723 (Moyer et al., 1985; Gray et al., 1988) y otras entradas de diversa procedencia, entre ellas Irán (Arzani and Ahoonmanesh, 2000). La resistencia parcial de PI 414723 parece controlada por el gen dominante *Wmr* (Gilbert et al., 1994; Anagnostou et al., 2000) pero se comporta como susceptible frente a las cepas europeas del virus (Gómez-Guillamón et al., 1998). La línea TGR-1551 no muestra síntomas o éstos son

muy débiles y el contenido de virus en la planta es casi inexistente; se trata también de una resistencia parcial regida por un gen recesivo y al menos dos modificadores (Díaz-Pendón et al., 2005). El gen mayor responsable de la misma se ha localizado en el grupo de ligamiento XI (Palomares-Ríos et al, 2011). La resistencia a CABYV se ha encontrado en entradas procedentes de la India, Corea y Sudáfrica (Dogimont et al., 1996) pero solamente se han estudiado la genética de la resistencia en la línea india PI 124112, controlada por dos genes complementarios recesivos *cab-1* y *cab-2* (Dogimont et al., 1997) y en la línea TGR-1551, donde parece regida por un gen recesivo y dos modificadores (Kassem et al., 2015).

A pesar del conocimiento de la genética de las resistencias a estas virosis en diferentes materiales no existen melones en el mercado que las porten, debido en parte a la variedad de cepas que de estos virus se van conociendo y describiendo. Por otro lado, la mayoría de estas resistencias son recesivas y/o poligénicas con lo que su introducción en líneas de interés resulta francamente difícil. Pero hay aún otro problema adicional muy importante y es que estas resistencias se encuentran en material muy alejado del que demanda nuestro mercado, y resulta tremendamente difícil eliminar todos los caracteres desfavorables que se arrastran junto a la resistencia que se quiere introgresar mediante las técnicas tradicionales de mejora. Por ello, lo que se utiliza comercialmente para el control de las virosis transmitidas por pulgón es una tolerancia a la especie *A. gossypii* controlada por el gen *Ag* o gen *Vat*, presente en algunos cultivares y descrito como resistencia a la transmisión de virus por pulgón (Pitrat y Lecoq, 1980). Con su uso, la dispersión de virus se ve ralentizada pero no se evita dicha dispersión ya que son muchas las especies de pulgones que son capaces de transmitir estos virus. Estos problemas que afectan a los híbridos que se comercializan afectarían también a nuestras variedades locales si se quisieran explotar, ya que como se ha dicho no se conoce resistencia a ninguno de estos virus.

La mejora de variedades locales para cultivo ecológico podría conseguirse mediante selección dentro de la variedad. Dado que una variedad es una mezcla de diferentes genotipos podría aplicarse una selección basada en la eliminación de los tipos desfavorables. La productividad podría mejorarse mediante hibridación de material de características de fruto similares o con algunas foráneas, con buenas características de productividad pero no muy diferentes a la que se quiere mejorar para poder seguir manteniendo las características de fruto deseables y no alargar el proceso de mejora. Podrían aparecer recombinantes superiores aptos para su cultivo (Nuez et al., 1997). La utilización de marcadores moleculares facilitaría esta labor. Esta técnica también podría utilizarse para dotar de resistencia a los patógenos más extendidos en el cultivo del melón y frente a los cuales se han encontrado variedades locales resistentes; asimismo, si estas variedades resistentes tienen buenas características de fruto se podría proceder a aumentar su productividad.

Las nuevas técnicas biotecnológicas pueden ser utilizadas para introducir mejoras en variedades adaptadas a ambientes específicos. Como se ha visto, las variedades locales de me-

lón con una buena adaptación a determinados ambientes adolecen de falta de resistencia/tolerancia a los virus y plagas que constituyen hoy por hoy los factores limitantes del cultivo del melón en nuestro país. La protección de estas variedades locales frente a virus y plagas a través de la mejora tradicional se plantea como una alternativa complicada.

Habría que recurrir entonces a métodos biotecnológicos, como la transformación genética, que permitiera la introducción de forma rápida y precisa de resistencias o tolerancias en estas variedades locales. Sin embargo, la aplicación de las técnicas derivadas de la transformación genética ha originado intensas discusiones de tipo ético y social en las que se cuestiona su uso (Straughan, 1989). Estas cuestiones todavía son objeto de debate y pueden tener una importante influencia en la aceptación de los productos derivados de estas tecnologías (Nuez et al., 1997). Otro aspecto que no debe olvidarse es la explotación de la adaptación de estas variedades a condiciones locales. Hasta ahora se ha intentado obtener variedades genéticamente uniformes y con amplia adaptación geográfica pero la mejora para condiciones locales podría hacer una importante contribución a la sostenibilidad, ya que al permitir la obtención de variedades adaptadas a ambientes específicos, posibilitaría reducir los insumos (Nuez et al., 1997).

## 22.6. Referencias

- Álvarez JM, González-Torres R, Mallor C, Gómez-Guillamón ML. 2005. Potential sources of resistance to *Fusarium* wilt and powdery mildew in melons. *Hort. Science* 40: 1657-1660.
- Anagnostou K, Jahn M, Perl-Treves R. 2000. Inheritance and linkage analysis of resistance to zucchini yellow mosaic virus, watermelon mosaic virus, papaya ringspot virus and powdery mildew in melon. *Euphytica* 116: 265-270.
- Anastasio G, Costa J, Abadía J, Gómez-Guillamón ML, Cuartero J, Alonso-Allende A, Moreno A, Nuez F. 1986. Evaluación de cultivares autóctonos de melón. *Actas de II Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas* 2: 1267-1274.
- Arzani A, Ahoonmanesh A. 2000. Study of resistance to cucumber mosaic virus, watermelon mosaic virus and zucchini mosaic virus in melon cultivars. *Iran Agricultural Research* 19: 129-144.
- Burger Y, Saar U, Katzir N, Paris HS, Yeselson Y, Levin I, Schaffer AA. 2002. A single recessive gene for sucrose accumulation in *Cucumis melo* fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127: 938-943.
- Chadha ML, Nandpuri KS, Singh S. 1972. Inheritance of some fruit characters in muskmelon. *Indian Journal of Horticulture* 29: 58-62.
- Chikh-Rouhou H, González-Torres R, Álvarez JM. 2010. Screening and Morphological Characterization of Melons for Resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp *melonis* Race 1.2. *Hort. Science* 45: 1021-1025.
- Chikh-Rouhou H, González-Torres R, Oumouloud A, Álvarez JM. 2011. Inheritance of

- race 1.2 Fusarium wilt resistance in four melon cultivars *Euphytica* 182: 177-186.
- Cuevas HE, Staub JE, Simon PW. 2010. Inheritance of beta-carotene-associated meso-carp color and fruit maturity of melón (*Cucumis melo* L.). *Euphytica* 173: 129-140.
  - Cuevas HE, Staub JE, Simon PW, Zalapa JE. 2009. A consensus linkage map identifies genomic regions controlling fruit maturity and beta-carotene-associated flesh color in melón (*Cucumis melo* L.). *Theor. Appl. Genet.* 119: 741-756.
  - Cuevas HE, Staub JE, Simon PW, Zalapa JE, McCreight JD. 2008. Mapping of genetic loci that regulate quantity of beta-carotene in fruit of US Western Shipping melon (*Cucumis melo* L.). *Theor. Appl. Genet.* 117: 1345-1359.
  - Dane F. 1983. Isozymes in plant genetics and breeding. Part B. pp 369-390. In Tanksley & Orton (eds.), *Cucurbits*, Elsevier, Amsterdam.
  - Danin-Poleg Y, Tadmor Y, Tzuri G, Reis N, Hirschberg J, Katzir N. 2002. Construction of a genetic map of melon with molecular markers and horticultural traits, and localization of genes associated with ZYMV resistance. *Euphytica* 125: 373-384.
  - Daryono BS, Somowiyarjo S, Natsuaki KT. 2003. New source of resistance to cucumber mosaic virus in melon. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 35: 19-26.
  - Daryono BS, Wakui K, Natsuaki KT. 2010. Linkage analysis and mapping of scar markers linked to CMV-B2 resistance gene in melon. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 42: 35-45.
  - Dhillon NPS, Ranjana R, Singh K, Eduardo I, Monforte AJ, Pitrat M, Dhillon NK, Singh PP. 2007. Diversity among landraces of Indian snapmelon (*Cucumis melo* var. *momordica*). *Genet. Resour. Crop. Ev.* 54: 1267-1283.
  - Díaz JA, Mallor C, Soria C, Camero R, Garzo E, Fereres A, Alvarez JM, Gómez-Guillamón ML, Luis-Arteaga M, Moriones, E. 2003. Potential sources of resistance for melon non-persistently aphid borne. *Plant Dis.* 87: 960-964.
  - Díaz A, Fergani M, Formisano G, Ziarsolo P, Blanca J, Fei Z, Staub JE, Zalapa JE, Cuevas HE, Dace G, Oliver M, Boissot N, Dogimont C, Pitrat M, Hofstede R, van Koert P, Harel-Beja R, Tzuri G, Portnoy V, Cohen S, Schaffer A, Katzir N, Xu Y, Zhang H, Fukino N, Matsumoto S, Garcia-Mas J, Monforte AJ. 2011. A consensus linkage map for molecular markers and Quantitative Trait Loci associated with economically important traits in melon (*Cucumis melo* L.). *BMC Plant Biology* 11: 111.
  - Díaz-Pendón JA, Fernández-Muñoz R, Gómez-Guillamón ML, Moriones E. 2005. Inheritance of resistance to Watermelon mosaic virus in *Cucumis melo* that impairs virus accumulation, symptom expression, and aphid transmission. *Phytopathology* 95: 840-846.
  - Dogimont C, Slama S, Martin J, Pitrat M. 1996. Sources of resistance to cucurbit aphid-borne yellows luteovirus in a melon germ plasm collection. *Plant Dis.* 80: 1379-1382.
  - Dogimont C, Bussemakers A, Martin J, Slama S, Lecoq H, Pitrat M. 1997. Two complementary recessive genes conferring resistance to cucurbit aphid borne yellows luteovirus in an Indian melon line (*Cucumis melo* L.). *Euphytica* 96: 391-395.
  - Dogimont C, Leconte L, Perin C, Thabuis A, Lecoq H, Pitrat M. 2000. Identification of QTLs contributing to resistance to different strains of cucumber mosaic cucumovirus in

- melon. *Acta Horticulturae* 510: 391-398.
- Dogimont C. 2010–2011. Gene list 2011 for melon. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 33–34: 104–133.
  - Duvick DN. 1992. Plant breeding in the 21st century. *Choices* 7 (4):26-29.
  - Eduardo I, Arús P, Monforte AJ, Obando J, Fernandez-Trujillo JP, Martínez JA, Alarcón AL, Alvarez JM, van der Knaap E. 2007. Estimating the genetic architecture of fruit quality traits in melon using a genomic library of near isogenic lines. *J. Am. Soc. Hort.* 132: 80-89.
  - Essafi A, Díaz-Pendón JA, Moriones E, Monforte AJ, García-Mas J, Martín-Hernández AM. 2009. Dissection of the oligogenic resistance to Cucumber mosaic virus in the melon accession PI 161375. *Theor. Appl. Genet.* 118: 275-284.
  - Esquinas-Alcázar JT. 1981. Alloenzyme variation and relationships among Spanish Landraces of *Cucumis melo* L. *Kulturpflanze*, 29: 337-352.
  - Esteva J, Nuez F. 1992. Tolerance to a whitefly-transmitted virus causing muskmelon yellows disease in Spain. *Theor. Appl. Genet.* 84: 693-697.
  - Fernández-Silva I, Moreno E, Essafi A, Fergany M, Garcia-Mas J, Martín-Hernández AM, Álvarez JM, Monforte AJ. 2010. Shaping melons: agronomic and genetic characterization of QTLs that modify melon fruit morphology. *Theor. Appl. Genet.* 121-931-940.
  - Gilbert RZ, Kyle MM, Munger HM, Gray SM. 1994. Inheritance of resistance to watermelon mosaic-virus in *Cucumis melo* L. *Hortscience* 29: 107-110.
  - Gómez-Guillamón ML, Torés JA. 1989. Resistance to *Sphaerotheca fuliginea* in Spanish muskmelon cultivars. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 12: 39-40.
  - Gómez-Guillamón ML, Cuartero J, Abadía J, Nuez F. 1986. Caracterización de cultivares de melón amarillo. *Actas de II Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas* 2: 1253-1260.
  - Gómez-Guillamón ML, Torés JA, Soria C, López-Sesé AI. 1994. Searching for resistance to *Sphaerotheca fuliginea* and two yellowing diseases in *Cucumis melo* and related *Cucumis* species. pp 205-208. In Texas Univ. (ed), *Cucurbitaceae'94: Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm*. ASHS Press, Alexandria.
  - Gómez-Guillamón ML, Abadía J, Cuartero J, Cortés C, Nuez F. 1985. Characterization of melon cultivars. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 8: 39-40.
  - Gray SM, Moyer JW, Kennedy GG. 1988. Resistance in *Cucumis melo* to watermelon mosaic virus-2 correlated with reduced virus movement within leaves. *Phytopathology* 78: 1043-1047.
  - Harel-Beja R, Tzuri G, Portnoy V, Lotan-Pompan M, Lev S, Cohen S, Dai N, Yeselson L, Meir A, Libhaber SE, Avisar E, Melame T, van Koert P, Verbakel H, Hofstede R, Volpin H, Oliver M, Fougedoire A, Stalh C, Fauve J, Copes B, Fei Z, Giovannoni J, Ori N, Lewinsohn E, Sherman A, Burger J, Tadmor Y, Schaffer AA, Katzir N. 2010. A genetic map of melon highly enriched with fruit quality QTLs and EST markers, including sugar and carotenoid metabolism genes. *Theor. Appl. Genet.* 121: 511-533.
  - Herman R, Zvirin Z, Kovalski I, Freeman S, Denisov Y, Zuri G, Katzir N, Perl-Treves R.

2008. Characterization of *Fusarium* race 1.2 resistance in melon and mapping of a major QTL for this trait near a fruit netting locus. pp 149-156. In Pitrat (ed), Cucurbitaceae 2008: Proceedings of the IXth Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. INRA, Avignon.
- Hirai S, Amemiya Y. 1989. Studies on the resistance of melon cultivars to cucumber mosaic virus. I Virus multiplication in leaves or mesophyll protoplasts from susceptible and resistant cultivars. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 55: 458-465.
  - Hughes MB. 1948. The inheritance of two characters of *Cucumis melo* and their inter-relationship. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 52: 399-402.
  - Iman MK, Abo-Bakr MA, Hanna HY. 1972. Inheritance of some economic characters in crosses between sweet melon and snake cucumber. I. Inheritance of qualitative characters. *Assiut Journal Agricultural Science* 3: 363-380.
  - Kassem MA, Gosalvez B, Garzo E, Fereres A, Gómez-Guillamón ML, Aranda MA. 2015. Resistance to Cucurbit aphid-borne yellows virus in melon accession TGR-1551. *Phytopathology* 105: 1389-1396.
  - Kerje T, Grum M. 2000. The origin of melon, *Cucumis melo*: a review of the literature. *Acta Horticulturae* 510: 37-44.
  - Lopez C, Ferriol M, Pico MB. 2015. Mechanical transmission of Tomato leaf curl New Delhi virus to cucurbit germplasm: selection of tolerance sources in *Cucumis melo*. *Euphytica* 3: 679-691.
  - López-Sesé, AI, Gómez-Guillamón ML. 2000. Resistance to CYSDV in *Cucumis melo*. *Hortscience*, 35: 110-113.
  - López-Sesé, A.I., Staub, J. E., Gómez-Guillamón, M.L. 2003a. Genetic analysis of Spanish melon (*Cucumis melo* L.) germplasm using a standardized molecular marker array and reference accessions. *Theor. Appl. Genet.* 108: 41-52.
  - López-Sesé AI, Staub JE, Katzir N, Gómez-Guillamón ML. 2002. Estimation of between and within accession variation in selected Spanish melon germplasm using RAPD and SSR markers to assess strategies for large collection evaluation. *Euphytica* 127: 41-51.
  - López-Sesé AI, Staub JE, Katzir N, Gómez-Guillamón ML. 2003b. Tactical assessment of inter- and intra-accession variation in Spanish melon using RAPD and SSR markers. *HortScience*, 36.
  - McCreight JD, Wintermantel WM. 2008. Potential new sources of genetic resistance in melon to Cucurbit yellow stunting disorder virus. pp 173-179. In Pitrat (ed), Cucurbitaceae 2008: Proceedings of the IXth Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. INRA, Avignon.
  - McCreight JD, Wintermantel W, Natwick ET, Sinclair JW, Crosby KM and Gómez-Guillamón ML. 2015. Recessive resistance to Cucurbit yellow stunting disorder virus in melon TGR 1551 *Acta Horticulturae (in press)*.
  - Ma D, Sun L, Liu YH, Zhang Y, Liu H. 1997. A genetic model of bitter taste in young fruits of melon. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 20: 27-29.

- Moyer JW, Kennedy GG, Romanow LR. 1985. Resistance to watermelon mosaic virus-II multiplication in *Cucumis melo*. *Phytopathology* 75: 201-205.
- Monforte A, García-Mas J, Arús P. 2003. Genetic variability in melon based on microsatellite variation. *Plant Breeding* 122: 153-157.
- Monforte AJ, Oliver M, Gonzalo MJ, Alvarez JM, Dolcet-Sanjuan R, Arús P. 2004. Identification of quantitative trait loci involved in fruit quality traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Theor. Appl. Genet.* 108: 750-758.
- Nuez F. 1995. Desarrollo de nuevos cultivares. pp 624-669. In F. Nuez (ed), *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Nuez F, Fernández de Córdoba P. 1994. Los recursos genéticos de hortalizas en España (I). *Hortofruticultura* 5 (1): 31-36.
- Nuez F, Ruiz JJ, Prohens J. 1997. Mejora genética para mantener la diversidad en los cultivos agrícolas. Documento Informativo de Estudio de la FAO, nº6.
- Nuez F, Prohens J, Iglesias A, Fernández de Córdoba, P. 1996. Catálogo de semillas de melón. Publicaciones INIA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Nuez F, Picó B, Iglesias A, Esteva J, Juárez M. 1999. Genetics of melon yellows virus resistance derived from *Cucumis melo* ssp *agrestis*. *Eur. J. Plant Path.* 105: 453-464.
- Nuez F, Anastasio G, Cortés C, Cuartero J, Gómez-Guillamón ML, Costa J. 1986. Germplasm resources of *Cucumis melo* L. from Spain. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 9: 60-63.
- Nuez F, Ferrando C, Díez MJ, Costa J, Catalá MS, Cuartero J, Gómez-Guillamón ML. 1988. Collecting *Cucumis melo* L. in Spain. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 11: 54-56.
- Obando J, Fernandez-Trujillo JP, Martinez JA, Alarcon AL, Eduardo I, Arús P, Monforte AJ. 2008. Identification of melon fruit quality quantitative trait loci using near-isogenic lines. *J. Am. Soc. Hort.* 133: 139-151.
- Palomares-Ríos FJ, Viruel MA, Yuste-Lisbona FJ, López-Sesé AI, Gómez-Guillamón ML. 2011. Simple sequence repeat markers linked to QTL for resistance to Watermelon mosaic virus in melon. *Theor. Appl. Genet.* 123: 1207-1214.
- Paris HS, Amar Z, Lev, E. 2012. Medieval emergence of sweet melons, *Cucumis melo* (*Cucurbitaceae*). *Annals of Botany* 110: 23–33.
- Park SO, Hwang HY, Crosby KM. 2009. A genetic linkage map including loci for male sterility, sugars, and ascorbic acid in melon. *J. Am. Soc. Hort.* 134: 67-76.
- Périn C, Dogimont C, Giovinazzo N, Besombes D, Guitton L, Hagen L, Pitrat M. 1999. Genetic control and linkages of some fruit characters in melon. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 22: 16-18.
- Périn C, Hagen LS, De Conto V, Katzir N, Danin-Poleg Y, Portnoy V, Baudracco-Arnas S, Chadoeuf J, Dogimont C, Pitrat M. 2002. A reference map of *Cucumis melo* based on two recombinant inbred line populations. *Theor. Appl. Genet.* 104: 1017-1034.
- Pitrat M. 2008. Melon (*Cucumis melo* L.) pp 283-315. In Prohens & Nuez (ed.), *Handbook of Crop Breeding Vol I. Vegetables*. Springer. New York.
- Pitrat, M. 2012. Domestication and diversification of melon. pp 31-39 In Sari, Solmaz & Aras (eds.), *Cucurbitaceae 2012. Proceedings of the Xth EUCARPIA Meeting on Ge-*

- netics and Breeding of Cucurbitaceae. Çukurova University, Adana.
- Pitrat M. 2013. Phenotypic diversity in wild and cultivated melons (*Cucumis melo*). Plant Biotechnology 30: 273-278.
  - Pitrat M, Lecoq H. 1980. Inheritance of resistance to cucumber mosaic virus transmission by *Aphis gossypii* in *Cucumis melo*. Phytopathology 70:958-961.
  - Pitrat M, Wipf-Scheibel C, Besombes D, Desbiez C, Lecoq H. 2012. Resistance of melon to Cucumber vein yellowing virus (CVYV). pp 157-164. In Sari, Solmaz & Aras (eds.), Cucurbitaceae 2012. Proceedings of the Xth EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. Çukurova University, Adana.
  - Robinson RW, Decker-Walters DS. 1997. Cucurbits. Crop production science in horticulture. Cab International: 226 pp.
  - Sinclair JW, Park SO, Lester G, Yoo KS, Crosby K. 2006. Identification and confirmation of RAPD markers and andromonoecious associated with quantitative trait loci for sugars in melon. J. Am. Soc. Hort. 131: 360-371.
  - Soria C, Gómez-Guillamón ML, Esteva J, Nuez F. 1989. Search for sources of resistance to yellowing disease in *Cucumis* spp. Cucurbit Gen. Coop. Rep. 12: 42-43.
  - Stepansky A, Kovalski I, Perl-Treves R. 1999. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation. Plant Syst. Evol. 217: 313–332.
  - Straughan R. 1989. The genetic manipulation of plants, animals and microbes. The social and ethical issues for consumers: a discussion paper. National Consumer Council, London.
  - Tadmor Y, Burger J, Yaakov I, Feder A, Libhaber SE, Portnoy V, Meir A, Tzuri G, Sa'ar U, Rogachev I, Aharoni A, Abeliovich H, Schaffer AA, Lewinsohn E, Katzir N. 2010. Genetics of flavonoid, carotenoid, and chlorophyll pigments in melon fruit rinds. J. Agr. Food Chem. 58: 10722-10728.
  - Takada K, Kanazawa K, Takatuka K. 1975. Studies on the breeding of melon for resistance to powdery mildew. II. Inheritance of resistance to powdery mildew and correlation of resistance to other characters. Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station A2: 11-31.
  - Zheng XY, Wolff DW, Crosby KM. 2002. Genetics of ethylene biosynthesis and restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) of ACC oxidase and synthase genes in melon (*Cucumis melo* L.). Theor. Appl. Genet. 105: 397-403.

## **23. Brásicas**

---

**M. Elena Cartea\*, María Tortosa, Pablo Velasco, Marta Francisco, Pilar Soengas y Víctor M. Rodríguez**

Grupo de Genética, Mejora y Bioquímica de Brásicas. Misión Biológica de Galicia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Apartado 28, 36080 Pontevedra  
\*ecartea@mbg.csic.es

### **23.1. Introducción**

### **23.2. Principales variedades locales**

#### **23.2.1. Coles de hoja**

#### **23.2.2. Coliflor y brécol**

#### **23.2.3. Nabiza y grelo**

#### **23.2.4. Nabicol**

### **23.3. Variedades locales con interés para su recuperación**

### **23.4. Variedades locales conservadas en colecciones**

### **23.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación y utilización en programas de mejora**

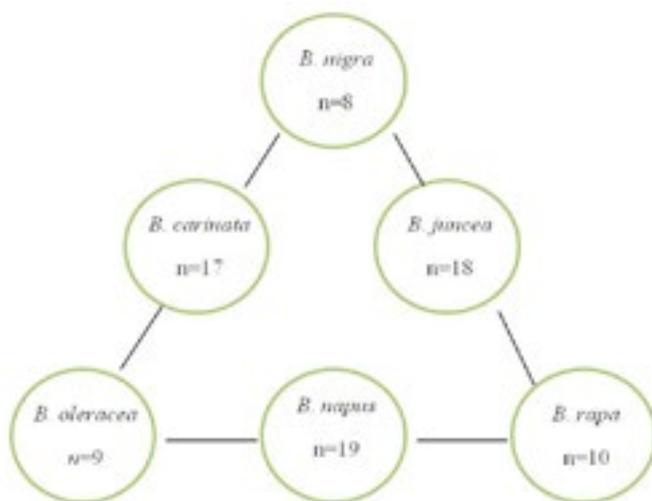
### **23.6. Logros y perspectivas**

### **23.7. Agradecimientos**

### **23.8. Referencias**

## 23. Introducción

El género *Brassica* pertenece a la familia Brassicaceae (=Cruciferae) y abarca un gran número de especies distribuidas por todo el mundo debido a su capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas. Desde el punto de vista económico este género es el más importante de la familia porque a él pertenecen varias especies cultivadas como hortalizas, condimentos, oleaginosas y forrajes. Entre todas las especies que integran este género la importancia económica se centra de manera casi exclusiva en seis, tres diploides y tres anfidiplóides. Las tres especies diploides, *Brassica nigra* (L.) Koch ( $2n = 16$ ), *Brassica oleracea* L. ( $2n = 18$ ) y *Brassica rapa* L. ( $2n = 20$ ), forman el triángulo propuesto por U en 1935 (Gómez-Campo y Prakash, 1999) basándose en la citología del género y las relaciones entre los genomas de las distintas especies (Figura 1). En la naturaleza, estas especies han hibridado en diferentes combinaciones para dar lugar a las tres especies anfidiplóides, *Brassica carinata* A. Braun ( $2n = 4x = 34$ ), *Brassica juncea* (L.) Czern. ( $2n = 4x = 36$ ) y *Brassica napus* L. ( $2n = 4x = 38$ ). Los genomas de *B. rapa*, *B. nigra* y *B. oleracea* han sido denominados A, B y C, respectivamente. Los anfidiplóides *B. juncea*, *B. napus* y *B. carinata* se denominan AB, AC y BC, respectivamente. La mayoría de las especies de brásicas diploides son autoincompatibles, mientras que los anfidiplóides son predominantemente autocompatibles con una tasa variable de alogamia parcial (Soengas et al., 2011).



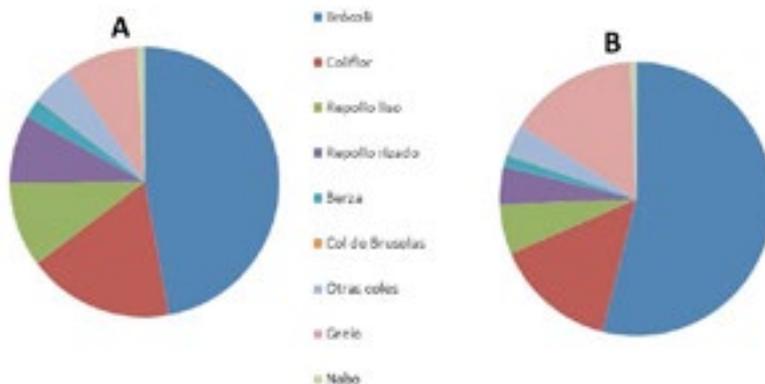
**Figura 1.** Triángulo de U (Gómez-Campo y Prakash, 1999) mostrando las seis especies del género *Brassica* con importancia económica.

Los usos de las brásicas son tan variables como sus formas y productos, pudiéndose utilizar tanto en la alimentación humana, como en la animal, en la industria y en la ornamentación. Los cultivos que tienen un uso hortícola dentro del género se incluyen fundamentalmente en tres especies: *B. oleracea*, *B. rapa* y *B. napus*. La especie más heterogénea es *B. oleracea* en cuanto a tipos y morfología de cultivos, incluyendo el repollo, brécol, coliflor y berza, entre otros, englobados bajo el término genérico de 'col'; en *B. rapa* se incluyen formas hortícolas como las nabizas, los grelos y el repollo chino y *B. napus* se presenta en las formas conocidas como nabicol y colinabo (Tabla 1, Figura 2). La especie *B. juncea* también puede tener un aprovechamiento hortícola de sus hojas, aunque de manera muy marginal.



**Figura 2.** Algunos de los cultivos de brásicas hortícolas: A) berza, B) repollo de hoja lisa, C) col asa de cántaro, D) brócoli, E) coliflor, F) nabo, G) nabiza, H) grelo, e nabicol (I).

Los cultivos de brásicas tienen una diferente distribución a lo largo de la geografía española que viene determinada fundamentalmente por sus requerimientos de cultivo además de otros factores culturales y/o gastronómicos. El brécol y la coliflor son los cultivos de brásicas mayoritarios en España tanto en superficie destinada al cultivo de los mismos como a producción. En el lado opuesto, estarían los nabos hortícolas y las coles de Bruselas, cuya producción es casi anecdótica (Figura 3). En cuanto a su importancia en España, Murcia representa el 52% de la producción nacional de brécol seguida de la Comunidad Valenciana, Navarra y Castilla-La Mancha. En el cultivo de coliflor, Andalucía es la principal Comunidad Autónoma productora, con un 28% de la producción nacional seguida de Murcia, Comunidad Valenciana y Navarra.



**Figura 3.** Producción (t) (A) y superficie (ha) (B) dedicada a los principales cultivos de brásicas hortícolas en España.

Los cultivos de berza, nabicol, nabiza, grelo y repollo gozan de gran tradición en el noroeste peninsular. Galicia es la región por antonomasia de estos últimos cultivos, que se adaptan a la perfección al clima frío y húmedo, apareciendo como protagonistas indiscutibles de la fisonomía rural (Cartea et al., 2003; Ordás y Cartea, 2008). Galicia es la principal productora de berza, seguida de Castilla y León, País Vasco y Asturias y la principal Comunidad Autónoma productora de repollo con un 40% de la producción nacional, seguida de Andalucía, Comunidad Valenciana y Cataluña. En el cultivo de grelo, el 99% de la producción se localiza también en Galicia, si bien recientemente ha comenzado a cultivarse en Navarra y Extremadura (MAGRAMA, 2014).

En los últimos años, se ha incrementado de forma notable el consumo de las especies hortícolas de brásicas, por ser alimentos ricos en vitaminas, antioxidantes y compuestos azufrados denominados glucosinolatos, lo que ayudaría en la prevención de ciertas enfermedades incluyendo el cáncer y en el retardo del envejecimiento celular (Keck y Finley, 2004). Estas cualidades han llevado a que numerosos estudios recomienden su incorporación en la dieta y a que el consumidor tome conciencia de la relevancia de su ingesta. Muestra de su importante valor culinario es que las brásicas son el ingrediente fundamental de platos tradicionales en algunas regiones de nuestro país, como el lacón con grelos y el cocido en Galicia, el cocido montañés en Asturias y Cantabria o el cocido madrileño y acompañando cachelos y botillo del Bierzo en la cocina castellana.

**Tabla 1.** Especies y cultivos hortícolas del género *Brassica*.

<b>Especie</b>	<b>Grupo</b>	<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Órgano utilizado</b>
<i>Brassica oleracea</i>	<i>acephala</i>	Berza	Hojas
	<i>capitata capitata</i>	Repollo de hojas lisas	Hojas (pellas)
	<i>capitata sabauda</i>	Repollo de hojas rizadas	Hojas (pellas)
	<i>costata</i>	Asa de cántaro	Hojas
	<i>gemmifera</i>	Coles de Bruselas	Yemas vegetativas
	<i>botrytis botrytis</i>	Coliflor	Inflorescencias (pellas)
	<i>botrytis italica</i>	Brécol	Inflorescencias (pellas)
	<i>gongylodes</i>	Colirrábano	Tallo
	<i>alboglabra</i>	Col china	Hojas
<i>Brassica rapa</i>	<i>rapa</i>	Nabo, nabiza, grelo	Raíces, hojas, brotes
	<i>chinensis</i>	'Pack-choi', 'bok-choy'	Hojas
	<i>pekinensis</i>	Repollo chino	Hojas
<i>Brassica napus</i>	<i>pabularia</i>	Nabicol	Hojas
	<i>napobrassica</i>	Colinabo o rutabaga	Raíces

## 23.2. Principales variedades locales

A diferencia de otras hortalizas, en las brásicas existe una gran variabilidad morfológica en función del cultivo. Los cultivos de brásicas han estado presentes desde antiguo en la agricultura española. Las variedades locales cultivadas inicialmente desarrollaron, acorde a las necesidades y preferencias de los agricultores, determinadas características que hicieron posible su adaptación a condiciones específicas tanto bióticas como abióticas. En general, su adaptación y evolución se produjo en unas condiciones de reducido uso de prácticas culturales, fertilización y protección sanitaria, lo que les ha conferido una gran estabilidad productiva. No obstante, en la actualidad, las especies con mayor interés comercial como el brécol, la coliflor, el repollo liso y el repollo de Milán se cultivan fundamentalmente en forma de variedades comerciales o híbridos  $F_1$  obtenidos por las casas de semillas. En cultivos minoritarios como la berza, el nabo y el nabicol o cultivos emergentes como el grelo, las variedades comerciales son prácticamente inexistentes, y en estos casos todavía se conservan y utilizan un gran número de variedades locales tanto para la producción en fresco como para procesado industrial. A continuación se comentarán aquellos cultivos con relevancia y presencia en la agricultura en España.

### 23.2.1. Coles de hoja

Las coles de hoja, que pertenecen a la especie *B. oleracea* agrupan cultivos como la berza, el repollo y otros cultivos similares. Estos cultivos son originarios de la zona atlántica y están muy presentes en la alimentación tradicional. Por ello, están plenamente adaptados a las condiciones ibéricas y, prácticamente cada lugar tiene variedades de coles que se cultivan desde antiguo. El número de variedades locales de coles es muy alto, especialmente en toda la zona Norte-Noroeste española desde Cantabria hasta Galicia. Sin embargo, la comercialización de estas variedades ha sido escasa y principalmente a través de mercados locales lo que, unido a su polinización alógama, hace que esta cantidad enorme de variedades no tengan una definición local precisa.

La berza es la verdura gallega por antonomasia. Las hojas más tiernas se aprovechan para consumo humano en cocidos o caldos, mientras que las hojas más maduras se usan para forraje animal. Se trata de un cultivo con poca difusión en otras regiones de España y su comercialización es escasa, ya que en muchas zonas, principalmente urbanas, es considerado un cultivo exclusivamente forrajero, por lo que su venta está limitada a mercados locales (Ordás y Cartea, 2008). Tienen gran aceptación por parte del consumidor - productor aquellas variedades de hoja rizada ('col rizada', 'col crespa'), las de hoja lisa y porte alto ('col del país', 'berza forrajera' 'berza grande de Ereño' en el País Vasco), las variedades de porte más bajo ('col enana'), las conocidas por un color de las hojas característico ('col de vena roja', 'col negra', 'col de hoja blanca') así como variedades con ciclos de precocidad cortos ('col de cedo' en Galicia) y aquellas utilizadas por sus brotes ('xenos' o 'guichos' en Galicia o 'brotóns' en Cataluña), muy apreciados para el consumo humano. Un caso particular son las coles que fueron llevadas a Canarias, por sus particulares condiciones climáticas, probablemente por colonos españoles, y que generaron un tipo especial de cultivos, denominados col del país, con unas características morfológicas intermedias entre berzas y repollos. Algunas de estas variedades se conocen con los nombres locales de 'colino', 'hojarasca' y 'charasca'.

Los repollos son coles que no tienen un desarrollo en altura y que cierran sus hojas en torno al ápice principal. La mayoría de las variedades locales hacen alusión a la forma de las pellas o cabezas (variedades de forma puntiaguda o redondas, repollo de corazón, verdura cerrada) y a la morfología y color de sus hojas y pellas (repollo de hojas lisas, repollo rizado o de Milán, repollo blanco,...). Entre las variedades más singulares cabe destacar el 'repollo de Betanzos' o el 'repollo de Poio' en Galicia, 'col de hoja de León' y 'col castellana' en Andalucía. Actualmente la mayoría de las variedades de repollo cultivadas en España son híbridos  $F_1$ , los cuales han ido reemplazando gradualmente las variedades locales debido principalmente a su mayor uniformidad y a un mayor cierre de las pellas. Por ello, el número de variedades locales que se conservan en los bancos de germoplasma es considerablemente menor que en el caso de las berzas.

La col asa de cántaro es un cultivo característico del Norte de Portugal que se cultiva en determinadas zonas de Galicia. Morfológicamente presenta características intermedias entre la berza y el repollo. Al igual que la berza, presenta largas hojas pecioladas y cierto porte aéreo, diferenciándose fundamentalmente por un color verde más intenso y una nerviación más marcada en las hojas. Como el repollo, las hojas tienden a encerrar al brote terminal aunque sin formar una cabeza compacta. En ocasiones a este cultivo se le denomina erróneamente berza, col repollo o col forrajera. Su cultivo y uso se limita a la geografía gallega donde es muy apreciado en la gastronomía. Existen pocas variedades locales de este cultivo conservadas en las colecciones españolas de brásicas. Algunas de ellas se conocen con los nombres locales de ‘verdura de agosto de Ourense’, ‘berza blanca’ o ‘verdura blanca’ por el color blanco que aporta los nervios marcados de sus hojas.

El estudio agronómico y nutricional de una amplia representación de variedades gallegas de berzas, repollos y col asa de cántaro se ha realizado en la última década por parte del grupo de la Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC), lo que ha contribuido a un mayor conocimiento del germoplasma local y a la selección de materiales interesantes que se han incluido en diferentes líneas de investigación (Vilar et al., 2003; Padilla et al., 2007; Cartea et al., 2008b).

### **23.2.2. Coliflor y brécol**

Son cultivos relativamente recientes en España en comparación con los anteriormente citados. Se consumen por sus pellas o cabezas florales compactas. Los tipos varietales de ambos cultivos se clasifican principalmente por la forma, el tamaño y el color de sus pellas y sus ciclos de cultivo, todos ellos caracteres clave tanto en la producción como en la aceptación final del producto por parte del consumidor (Branca, 2008). Son cultivos con una explotación comercial intensa, fundamentalmente destinados a la exportación, a partir de híbridos de procedencia extranjera clasificados por sus ciclos de precocidad y época de recolección, de los cuales, una gran proporción se destina a la industria congeladora. Hasta los años 60, sin embargo, todos los cultivares de coliflor empleados en Europa eran variedades de polinización libre. La mayoría de las variedades locales de coliflor presentan pellas de color blanco, y en menor proporción se conservan variedades de pella verde y morada con abundante contenido en antocianos (Nuez et al., 1999). Entre las variedades de coliflor tradicionales más conocidas cabe citar ‘enana bola de nieve’, ‘gigante de Nápoles’, ‘pava murciana’, ‘tardía de Valencia’,... En el caso del brécol, dentro de las variedades de polinización libre existen unos tipos bien caracterizados que se conocen con los nombres de calabrés, brécol negro y violeta de Sicilia. Algunas de las variedades tradicionales que se han cultivado en España son ‘blanco Mamut’, ‘tardío de Angers’, y ‘precoz de Angers’.

### 23.2.3. Nabiza y grelo

La nabiza y el grelo son productos muy arraigados en la cultura gastronómica de Galicia. Ambos tienen un aprovechamiento culinario, de las hojas vegetativas la primera y de la inflorescencia o brotes florales el segundo. En variedades usadas para el consumo de nabizas o grelos interesa un rápido crecimiento vegetativo con el fin de obtener hojas adecuadas para su consumo en el menor tiempo posible y así disminuir los riesgos asociados al cultivo. En el caso de los grelos, interesan variedades en las que prime las ramificaciones de los tallos y una floración temprana y constante. La denominación grelo hace referencia por tanto a los brotes o yemas junto con las hojas florales previos a la floración de la planta, mientras que las nabizas son las hojas y tallos vegetativos recogidos a lo largo del ciclo de desarrollo (Padilla et al., 2005). A lo largo de los siglos los agricultores han ido produciendo su propia semilla y según necesidades, condicionantes y gustos, estableciendo distintas variedades locales en diferentes zonas de la geografía gallega. Este hecho dificulta el conocimiento de sus características cualitativas y el potencial agronómico de cada una de ellas. El avance en el estudio morfo-agronómico y nutricional de estos cultivos y la selección de variedades prometedoras para diferentes usos se ha llevado a cabo por el grupo de brásicas de la MBG (Cartea et al., 2012; Francisco et al., 2012).

### 23.2.4. Nabicol

El cultivo del nabicol se localiza principalmente en la zona de las Rías Baixas en Pontevedra. Se consume cocinado en caldos y cocidos, del mismo modo que las berzas y nabizas. Se trata de un cultivo minoritario hasta el momento, en comparación con el resto de los cultivos de brásicas; sin embargo, en las zonas donde se ha establecido ha desplazado a otros cultivos coincidentes en fecha de siembra, principalmente a las nabizas y grelos. Las referencias sobre el origen del cultivo de nabicol en Galicia son escasas; las variedades locales gallegas podrían tener un origen común con las cultivadas en el norte de Portugal con una finalidad hortícola y que reciben el nombre común de 'couve-nabiça'. Fácilmente se podría haber producido transferencia de semillas o plántulas tanto directamente entre los agricultores como a través de mercados locales dada la proximidad geográfica de ambas zonas. Desde el año 2000 se han llevado a cabo estudios con la colección de variedades locales de nabicol que se conservan en el banco de germoplasma de la MBG con el fin de describir, evaluar y seleccionar las variedades más prometedoras. A partir de los resultados de estas investigaciones se han podido conocer las características morfológicas y agronómicas y las cualidades organolépticas y nutricionales de este cultivo, con especial atención al contenido de los glucosinolatos (Rodríguez et al., 2005; Cartea et al., 2008a).

### 23.3. Variedades locales con interés para su recuperación

En los cultivos de brásicas es complicado destacar una variedad local concreta que debiera ser protegida. En las zonas tradicionales de producción de brásicas hay multitud de variedades adaptadas a diferentes condiciones y el consumo de cada variedad es popular en esa área. Existen, no obstante, algunos ejemplos concretos de iniciativas destinadas a la protección de algunas variedades locales.

En la zona mediterránea están muy extendidos los cultivos de coliflor y brécol. Pese a ser cultivos relativamente recientes en España y aunque en la actualidad en las grandes zonas de producción se emplean fundamentalmente híbridos  $F_1$ , todavía existen variedades locales que podrían ser empleadas para aumentar la base genética de estos cultivos. Es previsible que parte de estos cultivos introducidos inicialmente desde otras regiones europeas fueran resembrados por agricultores y se fueran adaptando a las condiciones locales por lo que hoy se podrían considerar variedades locales. El mejor exponente sería la 'coliflor de Calahorra' que tiene una denominación geográfica protegida y se cultiva en la zona desde el siglo XIX. En el caso de las coles, en esta misma región de clima mediterráneo, destaca el caso de la berza denominada col brotonera, que se consume por sus brotes florales, y de la cual existe una asociación dedicada a su recuperación. Este puede ser ejemplo de una variedad local con denominación y características propias y bien definidas. Otras denominaciones que nos podemos encontrar por esta zona son la col de Pagés y la col de Paperina.

El grupo de brásicas de la MBG ha llevado a cabo acciones para la recuperación y puesta en valor de las variedades locales representativas del cultivo de brásicas en el Noroeste peninsular. Como resultado de estas iniciativas recientemente se han incluido en el Registro de Variedades Comerciales tres poblaciones de cultivares característicos de esta región geográfica. Estas tres variedades corresponden a una variedad de berza denominada 'Coella de la Mariña', una variedad de repollo denominada 'Bergantiños' y una variedad de asa de cántaro denominada 'Coube de Ourense'. Un caso especial lo constituye el nabicol ya que, como se mencionó anteriormente, es un cultivo muy localizado en la zona sur de las Rías Baixas pero que presenta un gran potencial productivo. Los trabajos de caracterización del nabicol llevados a cabo en la MBG han permitido recientemente la inclusión de la variedad 'Condado' en el Registro de Variedades Comerciales.

En el caso concreto de los grelos y nabizas existen dos tipos varietales claramente diferenciados: los grelos de Ordes y los grelos de Monfero que coinciden con las dos principales zonas de producción de grelo en Galicia: Santiago y Lugo, respectivamente. Es posible, por tanto, hablar de dos grandes ecotipos, de los que se han obtenido las variedades comerciales registradas 'Grelos de Santiago' y 'Globo blanco de Lugo'. Desde el año 2009 el grelo es una hortaliza amparada por la Indicación Geográfica Protegida Grelos de Galicia.

Por lo tanto, tal como demuestran estos ejemplos, existe un gran potencial en la recuperación y protección de las variedades locales de brásicas cultivadas en España. Un primer paso podría ser la identificación de las características específicas de las variedades locales de mayor consumo y su inclusión en una red de protección, i.e. IGP y posteriormente una comercialización extensiva.

### **23.4. Variedades locales conservadas en colecciones**

La erosión de los recursos genéticos, junto a la desaparición de las prácticas y conocimientos gracias a los cuales los agricultores acostumbraban a manejar, utilizar y conservar los recursos genéticos, supone una seria amenaza a la seguridad alimentaria del mundo ya que la pérdida de variación genética disminuye el potencial de las especies para hacer frente a estreses abióticos y bióticos. La disponibilidad de fuentes de variabilidad genética es esencial para el desarrollo de cultivos con fenotipos adaptados a las más diversas condiciones. Los últimos datos de la FAO (2015) indican que tan solo 150 cultivos alimentan a la mayor parte de la población mundial, una población que ha sobrepasado la barrera de los 7.000 millones de personas. Para hacer frente a la demanda de alimento, muchas de las antiguas variedades locales están siendo sustituidas por variedades modernas de alto rendimiento. Éstas poseen una base genética mucho más uniforme, lo que supone una reducción drástica de la mayor parte de la variabilidad intraespecífica de los cultivos y, por tanto, de su potencial para hacer frente a estreses abióticos y bióticos. En algunos casos se ha perdido la agrobiodiversidad sencillamente porque el campo se ha abandonado. En otros, se ha producido un fuerte desplazamiento de variedades tradicionales heterogéneas por unas pocas variedades de altos rendimientos. La pérdida de variedades tradicionales, con las valiosas combinaciones de genes que contienen, y de poblaciones silvestres de plantas, fuentes potenciales de genes de interés, produce un empobrecimiento irrecuperable de la variabilidad genética necesaria para la mejora de los cultivos. Dado este escenario y con el objetivo de frenar la pérdida de recursos fitogenéticos se impulsó en España la creación de bancos de germoplasma de diferentes cultivos. Los bancos de germoplasma se definen como colecciones de material vivo (semillas, tubérculos, propágulos...) que juegan un papel fundamental en la conservación y disponibilidad de la diversidad fitogenética existente. La gestión eficaz de estos bancos supone la localización, recolección, conservación y estudio del material obtenido a partir de plantas consideradas de interés.

Como se ha comentado anteriormente, la familia Brassicaceae es una de las más diversas del reino *Plantae*, con especies muy diversas a nivel morfológico, químico y de desarrollo, que unido a su gran repercusión económica, explica la necesidad de conservar los recursos genéticos contenidos en esta valiosa familia. La disponibilidad de germoplasma local de brásicas ha contribuido, por ejemplo, a la identificación de fuentes de resistencia a diferentes enfermedades en variedades locales gallegas de nabicol y de nabiza, o de caracteres de calidad nutritiva en especies silvestres emparentadas con *B. oleracea*. En España existen dis-

tintos centros de referencia encargados de salvaguardar la riqueza genética de los cultivos de brásicas mediante la conservación de su semilla. Estos centros mantienen colecciones activas, y por tanto, las entradas deben estar disponibles para su distribución inmediata y garantizar una alta viabilidad de semilla durante 10-20 años.

En la década de los 80 se inició en la Misión Biológica de Galicia (MBG-CSIC) una prospección de variedades locales ante la evidencia del abandono del material autóctono (Ordás y Baladrón, 1985). Fruto de este trabajo, se creó el banco de germoplasma de la MBG, que a día de hoy cuenta con un total de 590 entradas: 309 *B. oleracea*, 51 *B. napus* y 230 *B. rapa*. Aunque la mayoría de estas entradas tienen como origen Galicia, se mantienen entradas procedentes de zonas limítrofes a Galicia (Asturias y Castilla y León) e incluso procedentes de las Islas Canarias, gracias a la colaboración con el Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT).

Coetáneo a la MBG, encontramos en el Banco de Germoplasma de Especies Hortícolas del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (BGHZ-CITA) en Zaragoza. Después de 30 años de actividad, se ha convertido en un banco de referencia a nivel internacional conservando aproximadamente 17.000 entradas de 300 especies, incluyendo además variedades locales y especies relacionadas. En cuanto a la familia Brassicaceae, el BGHZ conserva 811 de *B. oleracea*, 117 de *Raphanus sativus* y otras 303 de especies de esta familia.

Por último, al este de la península se encuentra otro de los centros de referencia a nivel nacional que contiene una colección activa de brásicas, el Banco de Germoplasma del Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana de la Universidad Politécnica de Valencia (COMAV). Este Instituto conserva aproximadamente 15.000 entradas, tanto de especies hortícolas como de especies silvestres emparentadas, albergando 441 variedades de *B. oleracea*, 123 de *B. rapa* y 83 entradas de otras 7 especies de brásicas.

Todos estos centros colaboran estrechamente con el Centro Nacional de Recursos Fito-genéticos (CRF), encargado de la gestión del Banco Base Nacional de semillas, donde se conservan a largo plazo duplicados de las entradas de las distintas colecciones de brásicas mencionadas.

### **23.5. Potencial de las variedades locales como fuentes de variación y utilización en programas de mejora**

Gracias a la labor de prospección y conservación llevada a cabo en los últimos años, hoy en día se dispone de centenares de variedades de brásicas adaptadas a condiciones ambientales dispares que podrían constituir el material de partida para la producción de nuevos cultivares así como una reserva de adaptabilidad genética. En este sentido, en los últimos años se ha estudiado la diversidad genética en variedades locales de *B. oleracea*, *B. rapa* y

*B. napus*, conservadas en el banco de germoplasma de la MBG, mediante caracterizaciones morfo-agronómicas y moleculares (Cartea et al., 2003; Cartea et al., 2005; Rodríguez et al., 2005; Vilar et al., 2007; Francisco et al., 2011). Estos estudios determinaron la existencia de una gran variabilidad dentro de este germoplasma en cuanto a sus ciclos de cultivo y morfología, lo que ha permitido seleccionar variedades en función de su rendimiento en fresco, de la parte de la planta aprovechada y mayor adaptación a un ciclo de cultivo determinado.

En general, la utilización de variedades locales en programas de mejora, tanto con fines comerciales como de investigación es reducida. La mejora genética de cultivos de brásicas como el brécol, repollo o la coliflor se ha enfocado mayoritariamente hacia la obtención de híbridos  $F_1$ , explotando de esta manera los efectos aditivos y dominantes. La mejora genética se realiza fundamentalmente utilizando germoplasma élite, normalmente líneas puras de pedigrí conocido. En otros cultivos de ámbito más reducido, como por ejemplo la nabiza, el grelo o la berza, los cultivos comerciales suelen ser variedades de polinización libre, más heterogéneas y de mayor variabilidad genética.

La mejora genética de las brásicas hortícolas se ha enfocado históricamente desde dos puntos de vista. El primero de ellos se basa fundamentalmente en la mejora de los caracteres agronómicos, centrados en el incremento del rendimiento. El segundo se refiere al concepto de calidad, el cual engloba diversos atributos, desde la apariencia comercial y el valor nutritivo del órgano consumido hasta la capacidad de conservación del producto. Ambos objetivos dependerán en cualquier caso de las exigencias del mercado.

Dado que la actividad de los mejoradores está condicionada por los sistemas reproductivos de las plantas, los métodos usados para la mejora genética de las brásicas hortícolas han sido los propios de los cultivos alogamos, al tratarse de plantas de polinización cruzada o en el caso de *B. napus* con un porcentaje elevado de alogamia parcial. Asimismo, la elección de un método u otro de mejora vendrá determinado principalmente por el objetivo perseguido, la herencia de los caracteres que se desean mejorar y la rentabilidad económica.

En el caso de las brásicas hortícolas es interesante la producción de hojas en cultivos como la berza o la nabiza, de brotes florales en el grelo o de pellas en el repollo, brécol y coliflor, si bien en estos dos últimos cultivos las pellas estarían formadas por las inflorescencias. Otros caracteres importantes son la uniformidad del cultivo, así como el aspecto y la forma. En los últimos años en la MBG se llevó a cabo un programa de mejora genética para aumentar el rendimiento y vigor de dos variedades locales nabizas, MBG-BRS0163 y MBG-BRS0197, mediante tres ciclos de selección masal. Se logró mejorar las variedades para los caracteres seleccionados y se comprobó que había una respuesta correlacionada con la precocidad. En el cultivo de grelo, un factor fundamental a tener en cuenta es el carácter perecedero del cultivo, por lo que interesa obtener variedades de ciclos muy precoces o muy tardíos con objeto de abastecer el mercado en diferentes épocas de consumo, además de proporcionar

materia fresca para la industria transformadora. Atendiendo a esta necesidad, el grupo de brásicas de la MBG ha llevado a cabo distintos programas de selección para la obtención de variedades de grelo con elevado rendimiento y con diferentes ciclos de precocidad. Además, se han seleccionado variedades de grelo precoces adaptadas a zonas del Sur de España con el fin de ampliar su área de producción y consumo habitual.

Íntimamente relacionado con la calidad del producto se encuentra el valor nutritivo de un cultivo y sus propiedades funcionales, aspectos cada vez más tenidos en cuenta por el consumidor. Los cultivos de brásicas son un producto cada vez más valorado en el sector agroalimentario en este sentido. Por tanto, las variedades locales de brásicas también han sido estudiadas en base a su calidad nutritiva (Padilla et al., 2007; Cartea et al., 2008; Francisco et al., 2011; Francisco et al., 2012; Velasco., 2011). Algunas variedades de brásicas destacan por su contenido en minerales. En concreto, se han encontrado variedades de berzas y repollos con alto contenido en calcio, lo cual es muy interesante ya que estudios previos han demostrado que la biodisponibilidad del calcio en los cultivos de brásicas es similar al de la leche, lo que las convertiría en un alimento valioso en individuos con osteoporosis o con intolerancia a la lactosa.

Otro aspecto importante de la calidad nutricional es el contenido en compuestos bioactivos (glucosinolatos y polifenoles). El grupo de brásicas de la MBG lleva a cabo una línea de investigación dedicada a estudiar distintos aspectos de la síntesis de glucosinolatos. Estos metabolitos secundarios son compuestos azufrados que derivan de aminoácidos. Se encuentran en especies de la familia Brassicaceae y les confieren a todos los cultivos de la familia resistencia a plagas y enfermedades. Además, estos compuestos tienen propiedades relacionadas con la salud humana, ya que tienen un demostrado efecto anticancerígeno. Existen tres clases de glucosinolatos: alifáticos, aromáticos e indólicos, derivados de sus aminoácidos equivalentes. Para poder conocer con exactitud los efectos biológicos de estos compuestos y disponer de un material con el contenido modificado en los mismos se comenzaron tres programas de selección divergente en la MBG en tres cultivos distintos: berza (*B. oleracea*), nabiza (*B. rapa*) y nabicol (*B. napus*). Para ello se escogieron tres variedades locales del banco de germoplasma de la MBG (la variedad de berza, MBG-BRS0062, la variedad de nabiza, MBG-BRS0163 y la variedad de nabicol, MBG-BRS0063, respectivamente) que tenían valores intermedios para el contenido en glucosinolatos, así como una gran variabilidad intravarietal. El cultivo de berza posee tres glucosinolatos mayoritarios: dos alifáticos (sinigrina y glucoiberina) y uno indólico (glucobrasicina). Se llevaron a cabo tres ciclos de selección divergente por alto y bajo contenido en los tres glucosinolatos. En el perfil de glucosinolatos de los cultivos de nabizas y grelos predomina el glucosinolato alifático denominado gluconapina. En este caso se han realizado dos ciclos de selección divergente para este glucosinolato. Se han realizado dos ciclos de selección divergente también para el glucosinolato mayoritario del nabicol: el alifático glucobrassicinapina. En todos los programas de selección se empleó un método de selección masal evaluando el contenido en

glucosinolatos de las hojas de cada planta mediante cromatografía. El programa de selección divergente para el cultivo de berza es el más avanzado y por ello ya se ha realizado una primera evaluación para comprobar la eficacia de la selección. Se evaluaron todos los ciclos junto con la población original y se concluyó que la selección masal es un método eficiente tanto para incrementar como disminuir el contenido en glucosinolatos (Sotelo et al., enviado). Además, se encontró que la selección de glucosinolatos realizada en hoja tenía un efecto colateral en otros órganos como son las semillas y los brotes florales.

Finalmente, la resistencia a plagas y enfermedades es otro aspecto a tener en cuenta, ya que los estreses bióticos merman la producción y disminuyen la calidad de los cultivos de brásicas. Una de las principales plagas de los cultivos de brásicas es el lepidóptero *Mamestra brassicae*. Las larvas se alimentan de las hojas, haciendo que en muchos casos el producto sea inservible y no se pueda comercializar. En el caso de los repollos, las larvas se alimentan de las hojas externas, pero también pueden horadar las cabezas. En experimentos realizados en la MBG se comprobó que algunas variedades locales de repollo del banco de germoplasma tenían cierta resistencia tras infestación artificial con larvas de *M. brassicae* (Cartea et al., 2010), por lo que se comenzó paralelamente un programa de selección masal y un programa de obtención de líneas puras en la variedad de repollo MBG-BRS0535, al mismo tiempo que se iniciaron estudios para conocer los mecanismos de resistencia (antixenosis y antibiosis) implicados en la misma. Se realizó una selección masal durante tres ciclos y el criterio tomado fue el aspecto de la planta después de infestación artificial con larvas de *M. brassicae*. Así mismo, se han identificado variedades en las colecciones de *B. oleracea*, *B. rapa* y *B. napus* conservadas en la MBG con un cierto grado de resistencia a la infección por la bacteria *Xanthomonas campestris* (Lema et al., 2011; Lema et al., 2015). Además, se ha estudiado el comportamiento de diferentes variedades locales de *B. oleracea* frente al estrés por calor. Se evaluaron distintos aspectos morfológicos y bioquímicos y se encontraron variedades que podrían ser usadas en futuros programas de mejora por su tolerancia a altas temperaturas (Rodríguez et al., 2014).

## 23.6. Logros y perspectivas

Como se ha puesto de manifiesto en anteriores secciones de este capítulo, uno de los principales retos con los que se encuentra la agricultura moderna y, en particular, el cultivo de brásicas en España, es la pérdida de variabilidad y la uniformidad genética de los cultivares. No obstante, en la actualidad existe un interés creciente en la recuperación de variedades locales, así como su empleo en agricultura con un mayor valor añadido como puede ser el caso de la agricultura ecológica. Un ejemplo de ello es el desarrollo en Andalucía de una red de intercambio de semillas, en donde se ofertan semillas de variedades locales de estos cultivos tanto de cultivares de otoño-invierno como de primavera-verano, a los agricultores. El mayor interés social por las variedades locales se ve reflejado también en un incremento en el número de peticiones de semilla a los bancos de germoplasma, como es el caso del

banco de germoplasma de la MBG que ha visto incrementada las peticiones de manera sustancial en los últimos años. No obstante, la protección y puesta en valor de estas variedades, así como las zonas tradicionales de cultivo, requiere el amparo oficial que se ha conseguido gracias a iniciativas como la creación de denominaciones geográficas protegidas, de las que ejemplos paradigmáticos son el caso de la coliflor de Calahorra en 2003 o el grelo de Galicia en 2009.

Los esfuerzos por frenar los procesos de erosión genética que se producen por el abandono de las tierras cultivables, así como la sustitución de variedades locales adaptadas a las condiciones ambientales por variedades exóticas, promovieron la creación de bancos de germoplasma. Inicialmente, el objetivo de estos bancos se centró en la obtención de semilla directamente a partir de los agricultores. No obstante, una vez prospectadas las grandes regiones productoras de brásicas los objetivos se centran ahora en la racionalización y conocimiento del material recolectado. En este sentido se han llevado a cabo en los últimos años una serie de caracterizaciones tanto morfo-agronómicas como moleculares que han permitido un conocimiento profundo del material conservado en los bancos de germoplasma, así como de su potencialidad para ser empleados en programas de mejora. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, el empleo de variedades locales en programas de mejora es hasta el momento escaso, pese a numerosos estudios que demuestran su utilidad como fuente de genes para mejorar la productividad, adaptación y la resistencia a patógenos vegetales en variedades locales de *B. oleracea* y *B. rapa* (Padilla et al., 2005; Cartea et al., 2010).

Además, en los últimos años se ha producido un cambio en los criterios de selección utilizados por los mejoradores. El rendimiento, que había sido hasta la fecha el objetivo principal de los programas de mejora, ha sido desplazado por otras características como la uniformidad, la resistencia a enfermedades y plagas, el tamaño o el color de las pellas en consonancia con las nuevas tendencias y estilo de vida de la sociedad actual. Así, tradicionalmente, en productos destinados a su consumo en fresco, como el repollo, brécol o coliflor, se buscaba la obtención de pellas o cabezas de gran tamaño. La corriente actual persigue sin embargo la obtención de variedades de menor tamaño - como las denominadas formas "mini", que se adecúan mejor al tamaño medio familiar- y variedades con pigmentos diferentes, como la coliflor morada, muy apreciada en alta cocina. Otro de los grandes retos de los mejoradores de brásicas hortícolas ha sido la obtención de variedades resistentes a las principales enfermedades en un intento de combatir los efectos perjudiciales provocados por el uso abusivo de fitosanitarios.

En resumen, en un futuro, los programas de mejora deberán ir encaminados a las 'nuevas exigencias del mercado' y adaptarse a los nuevos criterios del consumidor con el fin de obtener variedades mejoradas a nivel agronómico para ser cultivadas en épocas concretas del año y estar además enriquecidas en compuestos beneficiosos para la salud. A medio plazo

será posible obtener nuevas variedades con mayor productividad y adaptación y menores requisitos de insumos (riego, fertilización y pesticidas), lo que las convertiría en variedades prometedoras para la producción en fresco bajo condiciones de agricultura ecológica. En la actualidad y, gracias a las nuevas técnicas de ingeniería genética así como al conocimiento de los distintos mapas genéticos de las especies del género, los mejoradores podrán responder a la demanda de los consumidores obteniendo variedades que presentan un mayor valor nutricional y propiedades organolépticas deseadas.

## 23.7. Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del INIA a lo largo de los últimos años y, en concreto, al proyecto RFP2014-00011-00-00 del Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado con fondos FEDER

## 23.8. Referencias

- Branca F. 2008. Cauliflower and broccoli. pp. 151-186. In: J. Prohens J and F. Nuez (eds.), Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae. Handbook of crop breeding. Springer, Holanda. ISBN-13:978-0387722917.
- Cartea ME, de Haro A, Obregón S, Soengas P, Velasco P. 2012. Glucosinolate variation in leaves of *Brassica rapa* crops. Plant Foods Hum. Nutr. 67:283-288.
- Cartea ME, Francisco M, Lema M, Soengas P, Velasco P. 2010. Resistance of cabbage (*Brassica oleracea capitata* group) crops to *Mamestra brassicae*. J. Econ. Entomol. 103: 1866-1874.
- Cartea ME, Picoaga A, Soengas P, Ordás A. 2003. Morphological characterization of kale populations from northwestern Spain. Euphytica 129:25-32.
- Cartea ME, Rodríguez VM, Velasco P, De Haro A, Ordás A. 2008a. Variation of glucosinolates and nutritional value in nabicol (*Brassica napus pabularia* group). Euphytica 159: 111-122.
- Cartea ME, Soengas P, Picoaga A, Ordás A. 2005. Relationships among *Brassica napus* (L.) germplasm from Spain and Great Britain as determined by RAPD Markers. Gen. Res.Crop Evol. 52: 655-662.
- Cartea ME, Velasco P, Obregón S, Padilla G, De Haro A. 2008b. Seasonal variation in glucosinolate content in *Brassica oleracea* crops grown in northwestern Spain. Phytochemistry 69: 403-410
- FAO. 2015. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Departamento de Desarrollo Económico y Social. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>
- Francisco M, Cartea ME, Butrón AM, Sotelo T, Velasco P. 2012. Environmental and genetic effects on yield and secondary metabolite production in *Brassica rapa* crops. J. Agric. Food Chem. 60: 5507-5514.
- Francisco M, Cartea ME, Soengas P, Velasco P. 2011. Effect of genotype and environ-

- mental conditions on health-promoting compounds in *Brassica rapa*. *Agric. Food Chem.* 59: 2421-2431.
- Gómez-Campo C, Prakash S. 1999. Origin and domestication. pp: 33-52. In: C. Gómez-Campo (ed.), *Biology of Brassica coenospecies*. Elsevier Science B.V. Amsterdam, Países Bajos.
  - Keck AS, Finley JW. 2004. Cruciferous Vegetables: Cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium. *Integrative Cancer Therapies* 3: 5-12
  - Lema M, Cartea ME, Francisco M, Velasco P, Soengas P. 2015. Screening for resistance to black rot in a Spanish collection of *Brassica rapa*. *Plant Breed.* 134: 551-556.
  - Lema M, Soengas P, Velasco P, Abilleira R, Cartea ME. 2011. Resistance to black rot in a Spanish *Brassica* collection. *Crucif. Newsl.* 30: 15-17.
  - MAGRAMA. 2014. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones>
  - Nuez F, Gómez-Campo C, Fernández de Córdoba P, Soler S, Valcárcel JV. 1999. Variedades botánicas cultivadas del género *Brassica*. Colección de semillas de coliflor y brócoli. Monografías INIA: Agrícola N. 1. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
  - Ordás A, Baladrón JJ. 1985. Collecting of Brassicas in northwestern Spain. *Crucifer. Newsl.* 10: 14.
  - Ordás A, Cartea ME. 2008. Cabbages and kales. pp 119-149. In: J. Prohens J and F. Nuez (eds.), *Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. Handbook of crop breeding. Springer, Holanda. ISBN-13:978-0387722917.
  - Padilla G, Cartea ME, Rodríguez VM, Ordás A. 2005. Genetic diversity in a germplasm collection of *Brassica rapa* subsp. *rapa* L. from northwestern Spain. *Euphytica* 145: 171-180.
  - Padilla G, Cartea ME, Velasco P, de Haro A, Ordás A. 2007. Variation of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica rapa*. *Phytochemistry* 68: 536-545.
  - Rodríguez VM, Cartea ME, Padilla G, Velasco P, Ordás A. 2005. The nabicol: A horticultural crop in northwestern Spain. *Euphytica* 142: 237-246.
  - Rodríguez VM, Soengas P, Cartea ME, Sotelo T, Velasco P. 2014. Suitability of a european nuclear collection of *Brassica oleracea* L. landraces to grow at high temperatures. *J. Agron. Crop Sci.* 200: 183-190.
  - Soengas P, Padilla G, Francisco M, Velasco P, Cartea ME. 2011. Molecular evidence of outcrossing rate variability in *Brassica napus*. *Euphytica* 180: 301-306.
  - Sotelo T, Velasco P, Soengas P, Rodríguez VM, Cartea ME. 2016. Modification of leaf glucosinolate content in leaves of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) by divergent selection and side effect on flower buds and seeds. *Frontiers Plant Sci.* (enviado).
  - Velasco P, Francisco M, Moreno DA, Ferreres F, García-Viguera C, Cartea ME. 2011. Phytochemical fingerprinting of vegetable *Brassica oleracea* and *Brassica napus* by simultaneous identification of glucosinolates and phenolics. *Phytochem. Anal.* 22: 144-152.
  - Vilar M, Cartea ME, Padilla G, Soengas P, Velasco P. 2007. The potential of kales as a promising vegetable crop. *Euphytica* 159: 153-165.

## 24. Camelia

---

**Carmen Salinero<sup>1,2</sup>, Pilar Vela<sup>1,2</sup>, Antonio M. De Ron<sup>2,3</sup> y M. Jesús Sainz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Estación Fitopatológica do Areeiro, Diputación de Pontevedra. Pontevedra, España.

<sup>2</sup> Sistemas Agroforestales (Estación Fitopatológica do Areeiro de la Diputación de Pontevedra), Unidad Asociada a la Misión Biológica de Galicia (CSIC).

<sup>3</sup> Biología de Agrosistemas, Misión Biológica de Galicia-CSIC. Pontevedra, España.

<sup>4</sup> Departamento de Producción Vegetal, Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, España.

carmen.salinero@depo.es

**24.1. Introducción: descripción botánica y taxonómica**

**24.2. Distribución geográfica**

**24.3. Importancia del género**

**24.4. Principales variedades**

**24.5. Variedades conservadas en colecciones**

**24.6. Variedades con interés para su recuperación**

**24.7. Situación actual**

**24.7.1. *Camellia sasanqua***

**24.7.2. *Camellia reticulata***

**24.7.3. *Camellia japonica***

**24.7.4. *Camellia saluenensis***

**24.8. Logros y perspectivas**

**24.9. Agradecimientos**

**24.10. Referencias**

## 24.1. Introducción: descripción botánica y taxonómica

Las plantas del género *Camellia* L. son arbustos o arbolillos perennes, de ambientes tropicales o subtropicales, que se cultivan principalmente para la preparación de infusiones con sus hojas y brotes, para la obtención de aceites a partir de sus semillas (Ming y Bartholomew, 2007) y por su carácter ornamental.

El género *Camellia* pertenece a la familia *Theaceae* (orden Theales). Se trata del género más primitivo y diversificado de la familia, siendo su origen muy antiguo ya que existen fósiles del periodo Cretácico de la Era Secundaria (Viéitez, 1995).

Linneo (Carl von Linné), en la primera edición de su obra *Systema Naturae* (1735), estableció dentro del reino vegetal el género *Camellia* en honor a George Joseph Kamel, jesuita, médico y naturalista checo, nacido en 1661 en Brno, que fue misionero en Filipinas, donde estudió la flora y fauna de la zona (Short, 2005). En un manuscrito de este jesuita, *Herbarium aliarumque stirpium in Insula Luzone Philippinarum primaria nascentium icones ab auctore delineatae ineditae*, que se encuentra en la biblioteca 'Jesuitica' Maurits Sabbe (Universidad Católica de Lovaina, Bélgica), aparece en el folio 234 un dibujo del 'Tchia', en el que se observa una hoja simple y unos pocos frutos, que corresponden claramente a la planta del té (Dhaeze-Van Rysell y De Herdt, 2008).

Linneo utilizó la información suministrada por Engelbert Kaempfer, explorador, médico y naturalista alemán, quien, durante su estancia en Japón (1690-1692), observó plantas de camelia. En 1712, Kaempfer publica el libro *Amoenitatum Exoticarum Politico - Physico - Medicarum*, en el que muestra dos ilustraciones de camelia, una de las cuales corresponde a una planta de té que Kaempfer denomina *Thea*; en esta obra, además de la planta de té, se describen cuatro especies de camelia (*tsubaki*) y se citan 23 variedades. Kaempfer transmitió sus apuntes y legajos a Linneo, quien utilizó sus observaciones para organizar las camelias en dos géneros: *Camellia*, con flores sésiles y sépalos caducos, y *Thea*, con flores pediceladas y sépalos persistentes. Linneo, en su monografía *Species Plantarum* (1753), describió las especies *Camellia japonica* y *Thea sinensis* (actualmente *Camellia sinensis*).

La clasificación taxonómica de las especies del género es incierta y continúa siendo objeto de revisión, siendo las clasificaciones más aceptadas las propuestas por Sealy (1958), Chang (1981 y 1998) y Ming (2000). Actualmente continúan utilizándose las tres, sin considerarse ninguna definitiva, lo que ha provocado un entorpecimiento en el uso y conocimiento de las diferentes especies. La dificultad para alcanzar un acuerdo en la taxonomía del género puede atribuirse a varios factores. Por un lado, no ha habido un estudio adecuado de las plantas en su hábitat natural, sino que las distintas interpretaciones taxonómicas están basadas en estudios sobre especímenes secos de colecciones. Por otra parte, existe

un elevado número de especies resultantes de hibridaciones naturales (Ming, 2000) y una gran cantidad de variaciones en los caracteres florales (número de brácteas, sépalos y pétalos; grado de fusión de los filamentos y los estilos; tamaño de flores dentro de la misma especie...). Actualmente, los estudios continúan y esperan aclarar las dudas de sistemática analizando las características morfológicas y con ayuda de la biología molecular.

## 24.2. Distribución geográfica

El género *Camellia* tiene su origen en Asia Oriental. Su área de distribución natural comprende una vasta zona que se extiende desde 85° a 150° de longitud Este y desde 40° de latitud Norte a 10° de latitud Sur (Jiyin et al., 2005), abarcando desde el Himalaya a Japón y desde el Sur de China hasta la isla de Java, extendiéndose por gran parte de China, Corea, Formosa, Vietnam, Laos, Camboya, Tailandia, Myanmar, Bután y Nepal. También se encuentra, aunque con menor diversidad de especies, en Filipinas, Borneo y Sumatra.

Más del 80% de las especies de *Camellia* son endémicas de China (Kaiyan, 2005), la mayoría del suroeste de la zona meridional, en las provincias de Yunnan, Guangxi y Guangdong, situadas a ambos lados del Trópico de Cáncer. Son zonas bastante montañosas, con altitudes entre 1200 y 1900 m, y con una topografía compleja, con depresiones fluviales que llegan a altitudes mínimas de 76 m y cadenas montañosas que se elevan hasta los 7000 m de altura. El clima se caracteriza por la presencia de una estación seca (noviembre a abril) y otra húmeda (mayo a octubre), aunque las temperaturas y niveles de humedad varían mucho de unas regiones a otras.

El género en conjunto se distribuye en zonas subtropicales y templadas; incluso las especies de distribución más septentrional tienen un grado moderado de resistencia al frío. Esto hace que el cultivo de camelias en el exterior esté restringido a zonas de climas relativamente suaves; en aquellas con climas más severos, estas plantas tienen que cultivarse en invernadero durante el invierno (Bartholomew, 1986).

## 24.3. Importancia del género

Dentro del género *Camellia*, la especie más cultivada y de mayor valor económico es *Camellia sinensis*, ya que a partir de las hojas de dos de sus variedades, *C. sinensis* var. *sinensis* y *C. sinensis* var. *assamica*, se preparan los diferentes tipos de té. El mayor productor mundial de té es China, a pesar de que la mayoría del té consumido en occidente procede de India y Sri Lanka (Jiyin et al., 2005). Otras especies no tan conocidas también se utilizan para la preparación de infusiones a nivel local en sus áreas de distribución natural, como *C. tachangensis*, *C. crassicolumna* y *C. taliensis* (Kaiyan, 2005).

Después de la planta de té, la especie más importante económicamente es *C. oleifera*, que se ha cultivado de manera tradicional en China para recolectar sus semillas, de las que se extrae aceite que se utiliza principalmente para cocinar y en cosmética. Su composición química es muy similar a la del aceite de oliva, aunque presenta un punto de humo mucho más alto. Otras especies usadas localmente para la producción de aceite a partir de sus semillas son *C. chekiangoleosa*, *C. drupifera*, *C. reticulata*, *C. vietnamensis*, *C. polyodonta* y *C. grijsii* (Jiyin et al., 2005; Ming y Bartholomew, 2007). En China hay más de 14 provincias en las que se cultivan alrededor de 20 especies de *Camellia* para la producción de aceites. Más de 3660000 ha están dedicadas a este cultivo, cuya producción anual alcanza 645000 Mg de semillas, de las que se obtienen 164000 Mg de aceite (Jiyin et al., 2005), y la superficie de producción está en aumento. En China, el consumo de aceite de camelia fue desplazado por la comercialización de aceites de soja y girasol, pero actualmente el Gobierno desarrolla un programa para la recuperación del consumo de aceite de camelia por su claro beneficio para la salud humana debido al alto contenido en ácidos grasos insaturados Omega 3, 6 y 9.

Otras especies del género *Camellia*, más conocidas en el mundo occidental, son apreciadas por su gran valor ornamental. En China existen documentos escritos de hace al menos 1000 años que proporcionan evidencias claras del cultivo de especies de *Camellia* como plantas ornamentales. En Japón el uso ornamental de las camelias se desarrolló un poco más tarde. En la actualidad, las camelias se cultivan como plantas ornamentales en muchas áreas de clima templado del mundo. La especie más difundida y cultivada es *C. japonica*, que puede cultivarse como árbol, arbusto, e incluso formando setos. De ella se valora especialmente su floración invernal, el brillo de sus hojas perennes y la variedad de colores y formas de sus flores. Se cultivan también, aunque con menor frecuencia, *C. sasanqua*, de flores muy olorosas y floración otoñal, y *C. reticulata*, de flores tardías de gran tamaño.

## 24.4. Principales variedades

La mayoría de los cultivares ornamentales descritos pertenecen a *C. japonica*, de la que hoy en día se conocen, incluyendo sinónimos y errores, más de 32000 cultivares recogidos en el *International Camellia Register* (ICR) (Savige, 1993), seguida de los cultivares de *C. reticulata* y *C. sasanqua*. La posibilidad de cultivar estas especies en macetas y contenedores ha potenciado su valor económico como ornamentales en muchos países europeos, Estados Unidos, Japón y Australia. Existen numerosos híbridos cultivados como plantas ornamentales, obtenidos sobre todo a partir de *C. japonica*. Otras especies se han utilizado para incorporar caracteres seleccionados en la mejora genética del género, es el caso del color amarillo de los pétalos de *C. petelotii* y *C. nitidissima*, la tolerancia al frío de *C. oleifera* y *C. saluenensis*, o la fragancia de *C. grijsii* y *C. lutchuensis*.

Entre los híbridos más populares destacan *C. x williamsii*, obtenidos entre *C. saluenensis* y *C. japonica* y nombrados en honor a J. C. Williams (Cornualles, Inglaterra), que en 1930

obtuvo el primer híbrido entre *C. saluenensis* y *C. japonica*, al que bautizó con el nombre de 'J. C. Williams'. A este le siguieron otros como 'Mary Christian', 'Charles Michael', 'St. Ewe' y 'Rosemary Williams'. Por lo general, estos híbridos comienzan a florecer antes que la mayor parte de los cultivares de *C. japonica*, tienen una floración más abundante y extensa, son muy resistentes al frío y la sequía y más floríferas que sus progenitores. Más tarde se obtuvieron otros híbridos por cruzamientos de *C. x williamsii* con *C. reticulata*, que originaron los famosos cultivares 'Inspiration', 'Dr. Louis Pollizzi', 'Free Style' o 'Rosalia de Castro'.

El gran parecido entre muchos cultivares de estas especies, y otras pertenecientes al género, y la gran variabilidad entre caracteres, incluso dentro de una misma planta, dificulta en muchos casos su diferenciación, que se basa principalmente en caracteres fenotípicos morfológicos de flor, hoja y fruto, y en menor medida en el tipo de crecimiento de la planta, pero todas estas características pueden verse influidas por factores ontogénicos y ambientales (Banerjee, 1992). Además, aunque especies como *C. japonica* y *C. reticulata* son fáciles de distinguir entre ellas, otras como *C. sasanqua*, *C. oleifera*, *C. lutchuensis*, *C. transnokoensis*, *C. nitidissima* y *C. impressinervis*, muestran un gran parecido morfológico. La identificación es particularmente complicada cuando se quiere distinguir cultivares e híbridos de las especies más cultivadas, como es el caso de *C. japonica*, *C. sinensis*, *C. reticulata* y *C. sasanqua*, que hibridan fácilmente entre sí y con otras especies y de las que existen miles de cultivares (Macoboy, 1998).

## 24.5. Variedades conservadas en colecciones

Las primeras plantas de camelias vivas documentadas se exhibieron en el Reino Unido en el año 1739, en los invernaderos de los jardines de Robert James, 8º Lord Petre, en Thorndon Hall (Essex). Se conserva una carta de 1740 en la que Peter Collison, comerciante de telas y coleccionista de plantas raras, escribe a Sir Hans Sloane, prestigioso médico inglés y presidente de la *Royal Society*, contándole su visita a Thorndon Hall, donde había visto dos curiosas plantas de China, con brillantes hojas perennes, similares al laurel, una con grandes flores carmesí y otra con flores blancas dobles (Short, 2005). Es posible que entonces las camelias ya se cultivasen en otros lugares del Reino Unido, como parece confirmarlo la presencia de plantas de *C. japonica* a la venta en el catálogo de 1774 de Vineyard Nursery (Hammersmith, Londres), en el catálogo de 1777 del vivero de Conrad Loddiges (Hackney, al norte de Londres), o el del vivero de William Malcolm (Kennington, cerca de Londres) de 1778 (Short, 2011). En 1792 llegan a Inglaterra desde China las primeras camelias con nombre: primero 'Alba Plena', seguida de 'Variegata' (Curtis, 1819).

En 1800, la camelia estaba firmemente establecida en los jardines e invernaderos de toda Europa. En 1804 se fundó la *Royal Horticultural Society* de Londres, que envió a China recolectores de plantas para impulsar la búsqueda de nuevas camelias (Samartín y Pérez Samartín 1988). A partir de ese año, y hasta mediados de dicho siglo, llegaron a los jardines

de Kew (Londres) varios cultivares de *C. japonica*: ‘Middlemist’ y ‘Anemoniflora’, ‘Incarната’ (Hume, 1951), ‘Myrtifolia’ (Gimson, 1986), ‘Pomponia’, ‘Fimbriata’ y ‘Pompone’ (London, 1854) e ‘Imbricata’, así como los cultivares de *C. reticulata* ‘Captain Rawes’ (Bartholomew, 1986) y ‘Robert Fortune’ (Macoboy, 1998), y plantas de *C. maliflora*. Estas primeras camelias importadas vinieron probablemente todas de China, porque, desde 1636 hasta 1853, los japoneses excluían a los extranjeros (Pye y Beasley, 1951). Como se creía que el clima no era a priori favorable, el cultivo de las camelias en Europa se hizo en los primeros años de introducción sólo en invernaderos.

Las primeras camelias documentadas que se importaron desde Japón fueron las enviadas en 1830 a Amberes por el Dr. Philipp Franz von Siebold, que había trabajado en la Compañía Holandesa de las Indias Orientales en Nagasaki. Pertenecían a los cultivares ‘Donckelarii’, ‘Ochroleuca’, ‘Candidissima’ y ‘Tricolor’ (De Coninck, 2005).

Durante la primera mitad del siglo XIX, se extendió el cultivo de camelias en Europa, produciendo los floricultores nuevos cultivares. En la primera edición de su monografía del género *Camellia*, publicada en 1837, Berlèse, probablemente el estudioso de camelias más importante del siglo XIX, describió 282 cultivares. En una obra posterior sobre iconografía del género *Camellia* (Berlèse, 1841-1843), este autor recoge ilustraciones de 300 cultivares. En 1845, en la tercera edición de esta monografía, Berlèse hablaba ya de 701 cultivares.

El número de cultivares en Europa en la primera mitad del siglo XIX era probablemente aún mayor. Joseph Harrison (1833-1851), en el volumen 1 de su obra *Floricultural Cabinet*, publicó un artículo firmado por “un jardinero de Essex”, sobre el cultivo de las camelias, en el que se explicaba con detalle la propagación por semillas, para la creación de nuevos cultivares, y por estaquillado, seguido de una nota sobre la posibilidad de cultivar las camelias fuera de los invernaderos. A partir del volumen 3, fue habitual la publicación de artículos y notas sobre las prácticas de cultivo de este género, así como listas descriptivas de cultivares. En 1843, en el volumen 11, escribe sobre otras especies del género haciendo referencia a que “Las variedades que crecen en jardines británicos y continentales superan ahora el millar”... “Las especies y variedades introducidas desde China a Inglaterra, además de la que ahora figura (refiriéndose a *C. japonica* ‘Albertii’) son *C. euryoides*, blanca, *C. japonica*, roja, *C. kissi*, blanca, *C. oleifera*, blanca, *C. reticulata*, roja, y *C. sasanqua*, simple blanca, doble blanca, semi-roja, y doble roja”.

El interés por las camelias, sobre todo cultivares de *C. japonica*, prosiguió en Europa (principalmente en Italia y Bélgica), Estados Unidos y Australia hasta aproximadamente 1880, pero a finales del siglo XIX se perdió el interés por estas plantas y apenas aparecieron nuevos cultivares hasta después de la Segunda Guerra Mundial, cuando el gusto por la camelia conoció un nuevo auge.

En España, el cultivo de la camelia se inició en Galicia. El origen de las primeras plantas de camelia que se introdujeron en Galicia es aún hoy una incógnita, principalmente por la falta de documentos escritos que avalen su procedencia y momento de plantación. Es posible que la introducción de las primeras camelias en Portugal y Galicia pudiese haber ocurrido entre 1514-1517, cuando los portugueses llegaron a Cantón, o a partir de 1557, con el establecimiento de Macao y la consolidaron de las rutas comerciales. A partir del siglo XVII, las relaciones con Japón se deterioraron considerablemente, sin embargo, el comercio de China con Filipinas, y de estas islas con España se mantuvo hasta el siglo XIX.

El hecho de que las plantas recibieran distintos nombres trascritos, tal y como se pronunciaban en las distintas zonas de origen, dificulta la labor de búsqueda en los documentos antiguos de la época. Hay que recordar que el término *Camellia* fue dado por Linneo en 1735 mucho después de los viajes comerciales de portugueses y españoles. Esto hace que sea difícil encontrar una referencia a estas plantas en la documentación escrita anterior a este año. A pesar de la falta de documentos escritos, parece probable que entre las mercancías traídas de China y Japón hubiera semillas de plantas, y algunas podrían haber sido de camelia. Este hecho, junto con el conocimiento de ciertos aspectos de su cultivo, que se puede ver en el sistema de plantación de algunas de las camelias cultivadas en el Pazo de Santa Cruz de Rivadulla, en Vedra (A Coruña), nos hace pensar que se cultivaron en el noroeste de la Península Ibérica antes del siglo XVIII. Armada (1959) expone una teoría acerca de la primera introducción de camelias a Galicia directamente desde Oriente entre finales del siglo XVI y principios del XVII. Se basa en la colocación de las camelias más antiguas en los jardines del Pazo, cuya disposición indica un conocimiento del cultivo y su desarrollo (Armada y Vela, 2014). Durante los siglos siguientes, se aumentó la colección de camelias en el Pazo, y en el último cuarto del siglo XIX, el número de variedades ya superaba las 300.

De la primera mitad del siglo XIX también son las camelias que crecen en otros Pazos como el de Oca, Golpelleira o Rubianes (Figura 1). En el Pazo de Rubianes existen documentos que demuestran el envío de camelias desde el Pazo da Golpelleira en 1812, y la donación de ejemplares en 1830 por los Duques de Camiña. Aunque la mayoría de estas plantas todavía está sin nombre, se han conseguido identificar ejemplares de 'Variegata' y 'Pompone'.



**Figura 1.** Ejemplares antiguos de camelia en España.

La presencia antigua de las camelias en Galicia se refleja, además, en unas pocas obras de importantes escritores, la mayoría gallegos, desde mediados del siglo XIX a mediados del XX. Autores como Miguel Colmeiro (1850), José Castro Pita (1864), Emilia Pardo Bazán (1879, 1886), Valle Inclán (1920), Federico García Lorca (1935, 1940) o Álvaro Cunqueiro (1965), citan las camelias en sus obras. Estas referencias literarias demuestran una estrecha relación entre las camelias y Galicia desde el siglo XIX. Ya en el siglo XX, las referencias a esta planta y su flor son cada vez más numerosas. A partir de mediados de este siglo la camelia comienza a ser identificada como la flor de las Rías Baixas y de Galicia.

Las ciudades de Porto (Portugal) y Pontevedra tuvieron un papel fundamental en el establecimiento y difusión de las camelias en el noroeste de la Península Ibérica. El *Estabelecimento de Horticultura* fundado por José Marques Loureiro en Porto en 1849, convertido posteriormente en la *Real Companhia Hortícola-Agrícola Portuense*, en su catálogo nº 9 (1872-1873), describe 606 cultivares de *C. japonica*, de los que 184 eran de origen portugués y el resto extranjeros. Por otra parte, en 1872 se crea en A Caeira (Poio, Pontevedra) la *Escuela Práctica de Agricultura*, dependiente de la Diputación de Pontevedra, cuya actividad principal era el diseño de jardines y explotaciones agrícolas de la provincia. En el Museo de Pontevedra, se conserva una factura de 1876 del *Estabelecimento* de Marques Loureiro, emitida a la *Escuela de la Caeira*, que incluye 25 cultivares de camelia, entre los que figuran 'Alba Plena', 'Peonia Rubra', 'Colleti Vera' y otros, con precios entre 400 y 700 reales (Barbazán et al., 2009). En 1882 se edita un *Catálogo de los árboles, arbustos, plantas, bulbos y semillas* que estaban a la venta en la escuela (Figura 2), entre los que figuraban 139 variedades de camelias, de las que 60 eran de origen portugués y la mayoría de las restantes de fuera de la Península Ibérica (Museo de Pontevedra). Curiosamente, en el catálogo, además de las camelias, se ofrecían plantas de *Thea veridis* (té verde).



**Figura 2.** Portada del Catálogo de los Árboles, Arbustos, Plantas, bulbos y Semillas de la Escuela de Agricultura de Pontevedra (1882).

En 1886 se cierra la *Escuela*, pero durante su funcionamiento contribuyó de manera importante a la difusión de la camelia en Galicia. Por diversos documentos, se sabe que de esta Escuela proceden algunas plantas de los jardines del Liceo Casino de Pontevedra, Pazo Quiñones de León, Pazo de Rubiáns, Pazo de Lourizán, Pazo de Salcedo-Gandarón, Pazo de la Diputación Provincial de Pontevedra, Pazo de Torres de Agrelo, etc.

## 24.6. Variedades con interés para su recuperación

Es sabido que la mayor parte de las camelias que pueden contemplarse actualmente y que se introdujeron en Galicia en la segunda mitad del siglo XIX, se encuentran en un perfecto estado de conservación, adquiriendo dimensiones impresionantes y constituyendo un material de un relevante valor histórico y patrimonial. De hecho algunas están actualmente protegidas por la legislación gallega a través del Decreto 67/2007 de la Xunta de Galicia, del 22 de Marzo, por el que se regula el *Catálogo Galego de Árbores Senlleiras* (árboles singulares).

Es el caso de un magnífico espécimen de flores simples con un tronco de 1,90 m de circunferencia que crece en el jardín del Pazo de Santa Cruz de Rivadulla en Vedra (A Coruña) anteriormente nombrado. En el Pazo de Oca (La Estrada, Pontevedra), se encuentra un ejemplar de *C. reticulata* 'Captain Rawes' incluida en el mencionado Catálogo, que alcanza 12 m de altura y que fue plantada antes de 1850, por lo que se considera uno de los ejemplares de esta especie más antiguos de Europa (Samartín y Pérez Samartín, 1988). En este mismo lugar hay una *C. japonica* de flores blancas y rosas de dimensiones similares, de variedad no identificada, que se encuentra entre las plantas de camelia de mayor porte de Galicia.

Otro árbol singular se localiza en el Pazo de Lens (Ames, A Coruña), donde la vieja camelia posee un tronco con un perímetro de 6 m (la base tiene 3 m de diámetro) y supera los 12 m de altura. Aunque no es posible determinar la fecha exacta, se cree que pudo plantarse a finales del siglo XVIII (Badía, 2003). También está considerado árbol singular el antiguo ejemplar de *C. japonica* del Pazo de Quiñones de León (Vigo, Pontevedra) conocido como el 'Matusalén' de las camelias, El cultivar de esta planta fue erróneamente identificada por el botánico japonés Takasi Tuyama como 'Oranda-kô', pero ya Odriozola en 1986 describió el error, ya que 'Oranda-kô' es un cultivar de flores dobles con pétalos rojos con una raya blanca, mientras que las flores de la camelia 'Matusalén' son rosas con forma de peonía de color variable por lo que se corresponde con el antiguo cultivar 'Variabilis'. Procede del *Establecimiento* de Marques Loureiro de Portugal y fue plantada en 1860 (Odriozola, 1986). En el Pazo de Torres de Agrelo, se encuentran varias camelias incluidas en el *Catálogo Galego de Árbores Senlleiras*. Una de las más conocidas es un ejemplar de *C. sasanqua*, correspondiente al cultivar 'Barão de Soutelinho', que es probablemente la *C. sasanqua* más antigua de Europa. El resto de las camelias *senlleiras* de este Pazo son de *C. japonica* sin identificar.

También existen otros jardines históricos con ejemplares dignos de mención. Entre ellos destacan Casa Museo Rosalía de Castro, Pazo Cibrán, Pazo de Mariñán, Torre de Lama y Torre Figueroa, todos ellos en la provincia de A Coruña, y Castillo de Soutomaioir, Finca Areeiro, Pazo de Barreiro, Pazo de Salcedo-Gandarón, Pazo de Lourizán, Pazo Quinteiro da Cruz, Pazo de Rubianes, Pazo de la Saleta y Pazo de Torrecedeira en la provincia de Pontevedra. En el Castillo de Soutomaioir (Pontevedra) existe una planta de características similares a la del Pazo Quiñones de León, aunque menos conocida, que fue plantada por el Marqués de la Vega de Armijo, alrededor de 1870, en la remodelación del jardín (Salinero y Vela, 2004), junto con otras camelias de cultivar desconocido.

## 24.7. Situación actual

No se conocen ni el número de especies que crecen en Galicia ni el de sus cultivares. En 1995, Carlos Rodríguez y Jesús Izco estudiaron la diversidad de la flora ornamental de 75 Jardines (43 en A Coruña y 33 en Pontevedra); identificaron en ellos 483 especies y clasificaron a la camelia junto con otras 10 especies como muy comunes. Actualmente aún no se ha realizado un catálogo ni un listado del número de especies y cultivares presentes en Galicia. La realización de este inventario de especies y cultivares de camelia presentes en España es una asignatura pendiente, difícil de abordar, debido principalmente a que forman parte de colecciones particulares. Más de 20 propietarios cultivan cada uno más de 2000 plantas diferentes y el problema se ve aumentado si se considera que existen más de 100 colecciones con más de 500 ejemplares, y que todas las colecciones son diferentes entre sí.

La mayor colección pública de España pertenece a la Diputación de Pontevedra, y está formada actualmente por más de mil cultivares, que se encuentran distribuidos en los jardines del Pazo Provincial, de la Estación Fitopatológica de Areeiro, del Castillo de Soutomaioir, además de los del Pazo de Salcedo-Gandarón (Misión Biológica de Galicia-CSIC) y Pazo de Lourizán. Las especies presentes en esta colección son: *C. amplexicaulis*, *C. caudata*, *C. chrysanthoides*, *C. crapnelliana*, *C. cucphongensis*, *C. euryoides*, *C. flava*, *C. fluviatilis*, *C. fraterna*, *C. granthamiana*, *C. grijsii*, *C. hiemalis*, *C. hongkongensis*, *C. impressinervis*, *C. irrawadiensis*, *C. limonia*, *C. longgangensis*, *C. longicarpa*, *C. lutchuensis*, *C. maliflora*, *C. miyagii*, *C. nitidissima*, *C. oleifera*, *C. pingguoensis*, *C. pitardii*, *C. polyodonta*, *C. rosae-flora*, *C. rubriflora*, *C. rusticana*, *C. salicifolia*, *C. semiserrata*, *C. sinensis*, *C. synaptica*, *C. taliensis*, *C. tamdaoensis*, *C. tenuiflora* (= *C. brevistyla*), *C. terminalis*, *C. transarisanensis*, *C. transnokoensis*, *C. trichocarpa*, *C. tunghinensis*, *C. vernalis*, *C. wabisuke*, *C. yuhsienensis*, *C. yunnanensis*, *C. changii* y *C. phanii*.

De éstas, *C. sasanqua*, *C. japonica* y *C. reticulata*, y los híbridos entre ellas y con *C. saluenensis*, son las especies que han dado lugar al mayor número de cultivares representados en los jardines. A partir de las plantas recolectadas en sus zonas de origen desde hace

cientos de años, se han obtenido miles de cultivares que varían en la forma de la planta y consistentemente en la forma, tamaño y color de las flores.

Aunque las formas silvestres de estas especies son originalmente de flores sencillas, han dado lugar a flores que se clasifican por su forma en: sencillas, semidobles, anémonas, peonías, con forma de rosa y dobles. A continuación se describen las especies más abundantes en los jardines de Galicia, con algunos de sus cultivares más representativos.

#### **24.7.1. *Camellia sasanqua***

Es un arbusto denso que puede llegar a alcanzar 6 m de altura. Las hojas ligeramente coriáceas tienen peciolo corto, son elípticas u oblongo elípticas, con bordes aserrados. Las flores, de 3 a 6 cm de diámetro, son generalmente terminales, solitarias y olorosas con 6 a 8 pétalos libres, normalmente con una entalladura en el borde, su color varía del blanco al rosa más o menos intenso (Figura 3). Florece en el otoño. Muchas de las plantas que crecen en Europa fueron mal identificadas en el momento de su introducción por lo que se producen confusiones con *C. oleifera* y *C. maliflora*. La mayoría de los cultivares son de flor sencilla como: ‘Apple Blossom’, ‘Barão de Soutelinho’, ‘Baronesa de Soutelinho’, ‘Kanjiro’, ‘Narumigata’, ‘Navajo’, ‘Papaver’, ‘Plantation Pink’, ‘Rosea’, ‘Yae-arare’ y ‘Yuletide’. Pero también algunos cultivares poseen flor semidoble, como ‘Bert Jones’, ‘Cleopatra’, ‘Dazzler’, ‘Little Pearl’ o ‘Shôwa-no-sakae’. En raras ocasiones la flor tiene forma de anémona, como ‘Chôjiguruma’, o forma de peonía, como ‘Mine-no-yuki’; mientras que ‘Hiryû’ y ‘Kôgyoku’ tienen flores con forma de rosa.



**Figura 3.** Flor de *C. sasanqua* variedad ‘Navajo’.

#### **24.7.2. *Camellia reticulata***

Es una especie de crecimiento lento, que puede alcanzar una altura de 15 m. Sus hojas son puntiagudas, aserradas y sin brillo, con marcada nerviación en su envés. Sus flores son grandes y muy vistosas (hasta 20 cm de diámetro), terminales o axilares, y con pétalos on-

dulados. Florece a finales del invierno y sus colores varían desde el rosa más pálido hasta el rojo más intenso (Figura 4). Solo el cultivar 'White Retic' es de flor blanca. Algunos cultivares cultivados en España son 'Al Gunn', 'Arch of Triumph', 'Captain Rawes', 'Chrysanthemum Petal' (Tsueban), 'Cornelian', 'Emma Gaeta', 'Mandalay Queen', 'Mouchang', 'Purple Glow' (Zipao), 'Pagoda' o 'Robert Fortune' (Sungzelin), 'Miss Tulare' y 'Lila Naff'. Es una especie de la que se han obtenido gran cantidad de híbridos intra o interespecíficos. Por hibridación con *C. japonica* se obtuvieron: 'Rosalia de Castro', 'Royalty', 'Valentine Day', 'Otto Hopfer', 'Dr. Clifford Parks', 'Arbutus Gum', 'Lasca Beauty', 'Red Crystal' o 'Terrell Weaver'. Por cruzamiento con *C. saluenensis*: 'Dr. Louis Polizzi', 'Francie L.', 'Inspiration' o 'Salutation'; con *C. pitardii*: 'Buddha', 'Early Peony' o 'Confucius'; y con *C. granthamiana* se obtuvo 'China Lady'.



**Figura 4.** Flor de *C. reticulata* 'Nuccio's Ruby'.

### 24.7.3. *Camellia japonica*

Son arbolillos o arbustos de más de 9 m de altura y crecimiento lento, con copa muy ramificada, ramas grisáceas y ramillos pardo-amarillentos. Las hojas son elípticas a oblongoelípticas, de tamaño variable, gruesas, coriáceas, con margen aserrado, y superficie superior suave y brillante, con el nervio central marcado. Las flores son terminales o axilares, su color varía desde el blanco puro hasta el rojo intenso, pasando por diferentes tonalidades de rosa, rayadas, punteadas, etc. Su tamaño varía de 5 a 12 cm de diámetro, y su forma desde simple, con 5 pétalos a doble con más de 100. Esta especie es responsable de más del 90% de las camelias que crecen en los jardines. Algunos cultivares de flor simple son: 'Alba Simplex', 'Kimberley', 'Grape Soda', 'Tama-no-ûra', 'Okân', 'Happy Higo'. Entre los cultivares de flor semidoble destacan 'Adolphe Audusson', 'Black Magic', 'Bob Hope', 'Cidade de Vigo', 'Donckelarii', 'Grand Prix', 'Guilio Nuccio', 'Hagoromo', 'Tricolor'. De flor anémona destacan 'Anemoniflora' (Waratah), 'Elegans', 'Bob's Tinsie', 'Bokuhan', 'Pomponne', 'Margaret Davis'. Entre los cultivares conocidos de flor peonía podemos citar 'Arajishi', 'Hawaii', 'Can Can', 'Collettii', 'Vilar d'Allen', 'Joshua E. Youtz', 'Kramer's Supreme', 'Kick-Off', 'Betty Sheffield'. Con forma de rosa, destacan 'ACS Jubilee', 'Augusto L. de Gouveia Pinto', 'Angelina Vieira', 'Arcozelo', 'Bella Romana', 'Dr. Tinsley', 'Sweet heart'. De flor doble: 'Alba Plena', 'Bonomiana', 'Coquettii', 'Eugenia de Montijo', 'Lavinia Maggi', 'Mathotiana', 'Orandakô', 'Vergine di Collebeato', 'Rubescens Major' (Figura 5).

Arbustos muy compactos que alcanzan los 5 m. Las hojas son estrechas, elípticas con bordes ligeramente aserrados y nerviación marcada. Las flores son normalmente de color rosa, con 6 o 7 pétalos soldados en la base. Los estambres, muy numerosos, también están soldados entre ellos por su base. Es una especie muy utilizada en programas de mejora genética para la obtención de híbridos resistentes a condiciones de estrés y floración larga y abundante. Algunos híbridos con *C. japonica* son: 'Anticipacion', 'Blue Danube', 'Brigadoon', 'Caerhays', 'Citation', 'Daintiness', 'Debbie', 'Donation', 'Dream Boat', 'E.G. Waterhouse', 'Elegans Beauty', 'Elizabeth

Rothschild', 'Elsie Jury', 'Galaxie', 'Sayonara', 'Rose Mary Williams', 'George Blandford'. De su cruzamiento con *C. reticulata* se obtuvieron: 'Barbara Clark', 'Black Lace', 'Leonard Messel' y 'Cornish Snow' y 'Sylvia May', del cruce con *C. cuspidata*. Actualmente hay muchos cultivares obtenidos por cruzamientos de *C. japonica* o *C. reticulata* con cultivares de *C. x williamsii*, como es el caso de los cultivares 'Glenn's Orbit', 'Julia Hamiter', 'Leonard Messel', y 'William Carlyon'.



**Figura 5.** Cultivares caracterizados por la variedad de sus formas florales: A) variedad de flor simple 'Tama-no-ûra', B) variedad de flor semidoble 'Black Magic', C) variedad de flor doble formal 'Carmela', D) variedad de flor peonía 'Can Can', E) variedad de flor anémona 'Bob's Tinsie', y F) variedad de flor de rosa 'Cherries Jubilee'. 24.7.4. *Camellia saluenensis*

## 24.8. Logros y perspectivas

Importantes viveros gallegos se han especializado en la producción de planta de camelia, realizando fuertes inversiones, en especial para la mecanización y automatización de los procesos productivos, que les permiten obtener una producción continuada y de calidad estable de 1,5 millones de plantas anuales. La producción gallega de camelia está orientada principalmente a los mercados de Portugal, Francia, Holanda y Reino Unido, que absorben el 90% de las 500000 plantas comercializadas en macetas de entre 1 y 80 L. Estos mercados demandan principalmente planta pequeña destinada a planta de interior y para jardinería en superficies pequeñas, por lo que las plantas comercializadas deben responder a un estándar de calidad: planta compacta, bien formada, que cubra completamente la maceta y con abundantes botones florales a punto de abrir en el momento de su puesta en el mercado.

Hasta hace pocos años, para la comercialización de planta a los mercados europeos y españoles, los viveros clasificaban las camelias según el color de la flor en cuatro tipos: roja, rosa, blanca y jaspeada. Actualmente, aumenta la comercialización de plantas que tienen en cuenta la forma de la flor y el nombre del cultivar como criterio de comercialización. Estas plantas se identifican con una etiqueta con la foto de la flor y un texto que señala la especie, el color de la flor, la época de floración y algunas condiciones de cultivo.

El 9 de marzo de 2001, se constituyó en Pontevedra la “Asociación Española para la Difusión de la Flor y el Árbol de la Camelia”, cuya finalidad era divulgar y promover esta flor y el árbol de la camelia a través de cualquier medio de difusión o acto, así como la realización de actividades de investigación para la mejora tecnológica del cultivo. Desde enero de 2003, esta sociedad publica la revista bianual “Camelia”. En junio de 2006 el Ministerio del Interior autoriza el cambio de nombre por el de “Sociedad Española de la Camelia”.

Desde su creación siempre trabajó en estrecha colaboración con la Estación Fitopatológica de Areeiro (EFA, Pontevedra) promoviendo diversas actividades en relación a nuevas iniciativas de desarrollo, investigación y conocimiento de la camelia. En los últimos años, la importancia de la camelia en Galicia, y más concretamente en las Rías Baixas, se ha visto ampliada a nuevos horizontes. Destaca la potencialización de su vertiente turística con la creación en 2006 de la Ruta de la Camelia, que incluye visitas a 12 jardines históricos con camelias. El equipo de investigadores de la Estación Fitopatológica do Areeiro, centro dependiente de la Diputación de Pontevedra, estudia las características de las especies presentes en los jardines y su adaptabilidad en Galicia, contribuyendo a mejorar los métodos de cultivo y producción en los viveros, así como a conocer y controlar sus problemas fitosanitarios. Desde este centro se han catalogado las plantas de numerosos jardines de la provincia para dar a conocer su enorme valor como patrimonio natural y cultural. Se realizan prospecciones en los jardines históricos de Galicia, tanto públicos como privados, para la recuperación de

cultivares antiguos de *Camellia*. El equipo investigador de camelia de la EFA forma parte del Grupo Internacional de trabajo para la Conservación e Identificación de Camelias Históricas de la *International Camellia Society*, cuyo objetivo es registrar, identificar y conservar los ejemplares de camelia anteriores al siglo XX.

El uso conjunto de descriptores morfológicos y marcadores moleculares (SSR) permite la caracterización y diferenciación varietal de especies de camelia. En la EFA, está disponible un servicio público de caracterización, identificación y registro en el *International Camellia Register* (Tabla 1) de cultivares de *Camellia* mediante estas técnicas. Además, se está estudiando la viabilidad y rentabilidad de la producción de té y aceite de camelia en Galicia. Tras la selección de clones de producción elevada y de buena calidad, se iniciaron las primeras plantaciones experimentales de *C. sinensis* en Galicia. Actualmente ya están recogiendo las primeras cosechas de té gallego. Los estudios con esta especie están orientados a promocionar su cultivo en Galicia para la producción de diferentes tipos de té de alta calidad.

El aceite de camelia, obtenido mediante prensado en frío de las semillas de algunas de sus especies (principalmente *C. japonica*, *C. sasanqua* y *C. oleifera*), se utiliza en Asia como aceite medicinal, para alimentación y cosmética desde hace siglos. Presenta beneficios para la piel, pelo y uñas, es muy hidratante y tienen efecto bactericida. Su composición y características se están analizando en la Estación Fitopatológica de Areeiro (De Ron et al., 2014; Feás et al., 2013; Salinero et al., 2012). Los primeros resultados demuestran la óptima producción y calidad de este aceite, cuyas propiedades y beneficios son muy similares a los del aceite de oliva.

De acuerdo con lo anterior, y como conclusión, puede considerarse que las variedades de distintas especies de *Camellia*, en la principal zona de cultivo, que es Galicia, tienen un futuro prometedor, tanto en su faceta de planta ornamental, la más conocida y popular, como en otros aprovechamientos, como el té y el aceite. Estos nuevos aprovechamientos de las variedades de *Camellia* han de ir unidos, necesariamente, a un mayor conocimiento genético de las distintas especies y variedades del género que permita progreso en la producción y calidad de los nuevos productos.

## 24.9. Agradecimientos

Los autores agradecen a Ángeles Barros Martínez, de la Estación Fitopatológica do Areeiro, su apoyo técnico.

## 24.10. Referencias

- Armada A. 1959. Some notes on Camellias in Spain. *American Camellia Yearbook*: 235-238.
- Armada J, Vela P. 2014. Ancient camellias in Galicia and Portugal. pp 29. *International Camellia Congress*, Deputación de Pontevedra, Pontevedra.
- Banerjee B. 1992. Selection and breeding of tea. pp 53-85. En Wilson KC, Clifford MN (eds.), *Tea: cultivation to consumption*. Chapman and Hall, London.
- Barbazán A, González M, Salinero C, Valle JC. 2009. La camelia en los catálogos de los establecimientos de agricultura de La Caeira (1873-1886) de Pontevedra, (España). *Camelia* 14:13-22.
- Bartholomew B. 1986. The Chinese species of *Camellia* in cultivation. *Arnoldia* 46: 3-15.
- Berlèse L. 1841-1843. *Iconographie du genre Camellia ou description et figures des camellia les plus belles et les plus rares peints d'après nature dans les serres et sous la direction de M. L'Abbé Berlèse par M.J.-J.Jung*. 3 volúmenes. Ed. H. Cousin, Paris.
- Castro Pita J. 1864. La camelia y la violeta. pp. 132-133. En, *Almanaque de juventud elegante y de buen tono, para 1865*. Recreativo, agradable, util y curioso. Dedicado a todas las bellas hijas de Galicia. Soto Freire Editor, Lugo.
- Colmeiro M. 1850. Recuerdos botánicos de Galicia, o ligeras noticias sobre las plantas observadas de paso en este antiguo reino. Imprenta de la viuda de Companel e Hijos, Santiago de Compostela.
- Cunqueiro A. 1950. *Dona do corpo Delgado*. Editor Sabino Torres Ferrer, Pontevedra.
- Curtis S. 1819. *Monograph on the genus Camellia*. Ed. John and Arthur Arch, Cornhill, London.
- Chang HT. 1981. A taxonomy of the genus *Camellia*. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, monographic series 1: 1-180.
- Chang HT. 1998. *Flora reipublicae popularis Sinicae delectis florae reipublicae popularis Sinicae agenda academiae Sinicae edita 49*. Beijing Science Press, Beijing.
- Dhaeze-Van Ryssel L, De herdt R. 2008. De camelia. En 'aristocratische roos'. Ed. The Museum of Industrial Archaeology and Textiles, Gante.
- De Coninck M. 2005. Andries Donkelaar (1783-1858). *Intl. Camellia J.* 37: 60-65.
- De Ron AM, Salinero C, Vela P. 2014. Variation in oil content in *Camellia japonica* seeds. *Intl. Camellia J.* 46: 70-71.
- Feás X, Estevinho LM, Salinero C, Vela P, Sainz MJ, Vázquez-Tato MP, Seijas JA. 2013. Triacylglyceride, antioxidant and antimicrobial features of virgin *Camellia oleifera*, *C. reticulata* and *C. sasanqua* oils. *Molecul.* 18: 4573-4587.
- Garcia Lorca F. 1935. Seis poemas galegos. Ed. Nos, Santiago de Compostela.
- Garcia Lorca F. 1940. Oda a Walt Whitman. En, *Poeta en Nueva York*. Ed. Seneca, Mexico.

- Gimson R. 1986. Las primeras importaciones de camelias. Pp 111-114. En La camelia. Diputación Provincial de Pontevedra, Pontevedra.
- Harrison J. 1833-51. The Floricultural Cabinet. Florists Magazine. Volume I-XIX. Whitaker and Co., Ave Maria Lane, London.
- Hume HH. 1951. Camellias, kinds and culture. The MacMillan Company, New York.
- Jiyin G, Parks CR, Yueqiang D. 2005. Collected species of the genus *Camellia*, an illustrated outline. Zhejiang Scientific & Technology, China.
- Kaiyan G. 2005. The genus *Camellia* and its geographic distribution in China. Intl. Camellia J. 37: 109-114.
- Kaempfer E. 1712. Amoenitatum Exoticarum Politico - Physico –Medicarum, fasciculi V, quibus continentur variae relationes, observationes & descriptiones Rerum Persicarum & Ulterioris Asiae, multâ attentione, in peregrinationibus per universum Orientem, collectae. Lemgoviae, Typis & Impensis Henrici Wilhelmi Meyeri, Aulae Lippiacæ Typographi. Alemania.
- Linneo C. 1735. Systema naturae per regna tria naturae, secundum clases, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Holmiae, Impensis Laurantii Salvii.
- Linneo C. 1753. Species Plantarum exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivalibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum sistema sexuale digestas. Holmiae, Impensis Laurantii Salvii.
- London JC. 1854. Arboretum et fruticetum britannicum. Ed. H.G. Bohn, London.
- Macoboy S. 1998. The illustrated encyclopedia of Camellias. Timber Press, Portland.
- Ming TL. 2000. Monograph of the genus *Camellia*. Yunnan Science and Technology Press, Kunming. Ming TL, Bartholomew B. 2007. Theaceae. pp. 366-478. En Wu ZY, Raven PH, Hong DY (eds.) Flora of China, vol. 12.. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden, Saint Louis.
- Odriozola A. 1986. Camelias en los pazos y jardines pontevedreses. pp. 131-142, En, La Camelia. Excm. Diputacion Provincial de Pontevedra, Pontevedra.
- Pardo Bazán E. 1879. Pascual López. Autobiografía de un estudiante de medicina. Ed. Tipografía Montoya y Compania, Madrid.
- Pardo Bazán E. 1886. Los Pazos de Ulloa. Novela original precedida de unos apuntes autobiograficos. Ed. Daniel Cortezo y Compania, Barcelona.
- Pye N, Beasley WG. 1951. An undescribed manuscript copy of Inô Chûkei's map of Japan. The Geographical J. 117: 178-187.
- Salinero C, Vela P. 2004. La camelia en la colección de la Diputación Provincial de Pontevedra. Ed. Diputación Provincial de Pontevedra, Pontevedra
- Samartín MC, Pérez Samartín A. 1988. La camelia, un regalo para Occidente. Everest, León.
- Salinero C, Feás X, Mansilla JP, Seijas JA, Vázquez-Tato MP, Vela P, Sainz MJ. 2012. Nuclear magnetic resonance analysis of the triacylglyceride composition of cold-pressed oil from *Camellia japonica*. Molecul. 17: 6716-6727.

- Savige TJ. 1993. The International Camellia Register. Ed. The International Camellia Society, Wirlinga.
- Sealy RJ. 1958. A revision of the Genus *Camellia*. The Royal Horticultural Society. London.
- Short H. 2005. England's first camellias. Intl. Camellia J. 37: 51-56.
- Short H. 2011. Old catalogues change camellia history. Intl. Camellia J. 43: 92-97.
- Rodríguez Dacal C, Izco J. 1995. Diversidad florística de los jardines pacesgos de Galicia. Rev. Real Acad. Galega Ciencias 14: 81-116.
- Gimson R. 1986. Las primeras importaciones de camelias. pp. 111-120. En: La camelia. Excma. Diputación de Pontevedra. Pontevedra.
- Valle Inclán RM. 1920. Mi hermana Antonia. En, Jardin Umbrio. Historias de santos, de almas en pena, de duendes y de ladrones. Tipografica Europa, Madrid.
- Vieitez AM. 1995. Somatic embryogenesis in *Camellia* spp. pp. 235-276. En Jain S, Gupta P, y Newton R, Somatic embryogenesis in woody plants, Vol. 2. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.