

Leguminosas hortícolas: guisantes, judías y habas hortícolas

José Ignacio Cubero

Universidad de Córdoba

1. Generalidades

Antes de proceder a la descripción de cada uno, conviene señalar algunos caracteres comunes de los tres cultivos tratados en este capítulo. Dejando de lado los caracteres propios de las leguminosas, los tres comparten una serie de particularidades: uso múltiple agronómico y culinario, principios nutritivos semejantes, simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (rizobios; en los tres casos, bacterias del género *Rhizobium*), fuerte interacción entre genotipo (o sea, variedad) y ambiente, semillas ortodoxas (admiten baja humedad en su constitución sin pérdida de poder germinativo a corto plazo) y enfermedades y plagas muy similares y a veces comunes.

El uso múltiple tiene, por su parte, multitud de facetas si bien una cierta variedad no sirve para todo salvo en agriculturas de subsistencia. El cultivo puede ser extensivo en secano y regadío, intensivo en huerta o invernadero, asociado o no a otro cultivo (por ejemplo, la judía al maíz), para consumo humano o animal (grano o forraje, directo o en formulaciones); si es para consumo humano, puede ser de vainas verdes, de grano seco o verde (incluso en estados intermedios de maduración como las alubias «pochas»), producto fresco o procesado (enlatado, precocinado, refrigerado o congelado). Hay que hacer una salvedad: las judías nunca se han utilizado en alimentación animal. Para todos los usos, y por supuesto para los intensivos, existen innumerables variedades; aquí se darán, en cada caso, los grandes tipos, pues las variedades actualmente en el comercio se pueden consultar en relaciones oficiales como la de la Oficina Española de Variedades Vegetales o en los catálogos de las casas comerciales.

Son innumerables las recetas culinarias en que estas tres son el elemento básico, tendiendo en la mesa moderna a preferirse el producto verde (grano o vaina) sobre el del grano seco que queda prácticamente reducido, en los países

desarrollados, al de las judías. En los tres casos aquí tratados, una condición deseable, y obligatoria en la industria conservera, en el uso como vaina verde es la ausencia en esta de *hebra* (o *fibra*) y de *pergamino*. La *hebra* es el tejido que forma las suturas dorsal y ventral de la legumbre, y el *pergamino* una capa celulósica en la zona media de las dos valvas cuya su función es, llegada la madurez, secarse antes que el resto de la legumbre con lo cual esta se abre violentamente expulsando las semillas. Es, evidentemente, un mecanismo de vital importancia para la planta silvestre, pero indeseable en la agricultura, pues basta un toque al recolectar la planta madura para quedarnos sin granos (de ahí que tradicionalmente se recolectaran *antes* de la madurez, dejando secarlas luego amontonadas), como en la mesa, y por tanto, en la industria conservera. Las tres especies tienen buenas variedades sin hebra ni pergamino o bien con formación tardía de este.

Las semillas *secas* de las leguminosas, como las tres del presente capítulo, se caracterizan por un alto contenido en proteína total y digestible¹ (un 20-25 % en promedio: eran «la carne del pobre»), alrededor de un 60 % de hidratos de carbono, un 10-25 % de la fibra total es dietética y contienen cantidades apreciables de oligoelementos, niacina y ácido fólico. Sus proteínas son ricas en lisina pero pobres en aminoácidos azufrados, lo que las hace un complemento ideal de los cereales, en los que ocurre justamente lo contrario. Esos datos tienen escasa relevancia en cuanto al producto verde, en el que no se busca su capacidad alimenticia sino su calidad gastronómica. Junto a excelentes principios nutritivos, las tres especies consideradas también contienen principios antinutritivos (o simplemente no nutritivos como los de flatulencia, socialmente inconvenientes pero inocuos), comunes a estas y otras leguminosas; en el producto verde, tales principios tienen escasa o nula relevancia, tanto menor cuanto más temprano sea el producto.

Se olvida con demasiada frecuencia que las leguminosas son, en realidad, organismos dobles. En efecto, la asociación con rizobios es importante no solo porque la planta se desarrolla mejor en simbiosis sino por las ventajas que ofrece el nitrógeno que queda en el suelo para el cultivo siguiente. Este segundo aspecto es menos importante, lógicamente, en invernadero con suelo artificial, pero aun así conviene tenerlo en cuenta. En cultivos extensivos, para favorecer la nodulación, hay que evitar el estrés hídrico durante la floración y aplicar una adecuada fertilización fosfórica. El comienzo de la fijación de

¹ Según especies, el contenido analizado puede contener una proporción apreciable de compuestos nitrogenados no proteínicos. No es el caso de las aquí tratadas.

nitrógeno en los nódulos se inicia aproximadamente un mes después de la siembra en cultivo extensivo, por lo que siempre se aconseja una pequeña aplicación inicial de abono nitrogenado; en general, dependerá de la rotación seguida. La actividad cesa, en general, en la fase de llenado del grano. Se reconoce fácilmente si los nódulos son activos si, al partirlos, su interior muestra un color rojo sangre debido a la leg-hemoglobina, molécula sorprendentemente similar a la hemoglobina humana y con su misma función; un color blanco o rosa indica que las bacterias no están fijando nitrógeno pero sí consumiendo hidratos de carbono de la planta huésped. De no haberse cultivado una leguminosa durante largo tiempo, los rizobios pueden haber desaparecido, algo que debe comprobarse; en ese caso, debe inocularse al sembrar. Los rizobios existentes en el lugar de cultivo son uno de los principales factores de la interacción variedad-ambiente tan marcada en leguminosas; las poblaciones de rizobios difieren de una región a otra, y una misma variedad puede responder de diferente manera en distintos ambientes.

Debe tenerse en cuenta que algunas de las enfermedades más usuales están producidas por hongos de suelo que, una vez instalados, son de casi imposible tratamiento y erradicación (incluso en invernadero a menos que se utilicen suelos artificiales), siendo las variedades resistentes la única solución práctica, con el inconveniente del cambio obligado de variedad, que puede no satisfacer las necesidades comerciales. Todo cuidado es poco para evitar la infección de suelo.

Judías, guisantes y habas están en ese orden de importancia en lo que respecta a superficies y producciones tanto en España como en el resto del mundo, reflejo directo de la importancia dedicada a los tres cultivos desde el siglo XIX en la resolución de sus problemas. Ese mismo orden es en el que dichos problemas (variedades adecuadas, mecanización, conservación industrial, comercialización, etc.) se fueron solventando; así, mientras las dos primeras han cubierto todas las etapas y modernas variedades y técnicas están ampliamente difundidas, las habas mantienen un considerable retraso a pesar de disponerse de caracteres genéticos ya introducidos en variedades registradas (como el crecimiento determinado, la flor blanca y resistencias a tradicionales enfermedades) que solucionarían la economía del cultivo. Un sencillo índice es fiel reflejo de la situación: el número de variedades registradas en el catálogo comunitario es, respectivamente, de 1.320, 750 y 120, y el de solicitudes para registro en el período 2004-2013 de 92, 25 y 9.

2. Judías

Bajo el nombre de *judías* (de incierto origen), *frijoles* (el antiguo nombre castellano, hoy desaparecido en España, pero en plena vigencia en América) y varios otros se comprende una serie de especies botánicas pertenecientes a varios géneros emparentados de la tribu *Phaseoleae* (*Phaseolus*, *Vigna*, *Dolichos*, etc.) de caracteres similares en cultivo y usos. La más común en España *Phaseolus vulgaris* y es, por razones de importancia y espacio, de la que se tratará aquí, a la que se conoce con infinidad de nombres generales o regionales; tan solo en España: fríjoles (o fréjoles; ambos en desuso), alubias, chícharos, habichuelas, caparrones, munchetas, fesols, fabes... Algunos derivan de otras especies: «alubia» se llamaba el frijol anterior a la llegada de la judía actual, la judía carrilla o careta (*Vigna unguiculata*), «fabes» y «habichuelas» del parecido que los agricultores del XVI le vieron con las habas, «chícharo» probablemente de la almorta o *cicércula*, palabra esta última que literalmente significa «garbancito» y que también se le aplica al garbanzo y al guisante seco en algunos ambientes rurales. La riqueza en nombres indica la amplitud de su cultivo y de su uso.

2.1. Características botánicas, origen y domesticación

El nombre científico de la judía común es, como se ha dicho más arriba, *Phaseolus vulgaris* L., la más importante de las casi sesenta que contiene el género *Phaseolus* (tribu *Phaseoleae*) del que muestra las características hojas trifoliadas, racimos axilares (y terminales en variedades modernas de crecimiento determinado), vainas alargadas, rectas o curvadas, anchas o subcilíndricas, largas o cortas; pueden ser dehiscentes incluso en formas modernas (el carácter no se observa, lógicamente, en el uso en verde); semillas arriñonadas de tamaños y colores variados, con hilo lateral y germinación epigea.

Es una planta anual originaria de la región andina y mesoamericana, donde aún se la encuentra silvestre desde el sur de Méjico hasta la región de Jujuy en Argentina y donde fue domesticada entre 7000 y 8000 a. C. Como silvestre es esencialmente trepadora, con largos entrenudos y vainas espaciadas, dehiscentes y con granos pequeños. Al domesticarse se redujo la altura acortando los entrenudos, alargando las vainas y engrosando los granos; el carácter trepador lo conservan las variedades de enrame. Como cultivo, se encuentra distribuido por todo el mundo en latitudes comprendidas entre los 52° N y los 32° S, y desde el nivel del mar hasta más de 3.000 m. La diversidad varietal es enorme.

2.2. Clima y suelo

Al ser una planta originaria de lugares cálidos está bien adaptada a ellos. Su temperatura óptima de crecimiento está en torno a los 16-21 °C, con extremos en 8-10° y 27-30°; por encima de 30 °C se altera la fisiología de la planta afectando sobre todo al cuajado. Un exceso de humedad puede ocasionar caída de flores y las fluctuaciones en temperatura, sobre todo por debajo de 15°, vainas en «ganchillo» (curvadas). Las variedades de crecimiento determinado toleran las bajas temperaturas mejor que los de enrame.

El suelo idóneo para su cultivo es el franco arcilloso limoso, con pH comprendido entre 5,5 y 7,5; deben descartarse los arcillosos finos y los arenosos. Es muy sensible a la salinidad del suelo, aunque con fertirrigación en ambientes protegidos no debe haber problemas. En suelos calizos pueden darse problemas de clorosis, y es aconsejable la aportación de oligoelementos en particular hierro, manganeso y cinc.

2.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética

Se distinguen, según autores, tres o cuatro hábitos de crecimiento en *P. vulgaris*, siendo uno solo de ellos de tipo determinado. Las plantas de este último hábito, de mata baja, suelen ser insensibles al fotoperiodo, mientras que las de enrame pueden ser también de día corto, es decir, de maduración en otoño. Agronómicamente se distinguen dos grandes grupos: las variedades de crecimiento determinado o «enanitas» (de porte bajo, alcanzando 30-40 cm de altura) y las de enrame, de crecimiento indeterminado, que pueden alcanzar los 3 m de altura. Dentro de ellas se pueden agrupar por formas y colores de vainas y granos, por ciclos de producción, etc. Los tipos más conocidos son las garrafal (vainas anchas, curvadas), perona, sabinal (todas ellas de vainas aplastadas) y boby, de vainas cilíndricas.

Las de enrame son inapropiadas para cultivo al aire libre destinado a la industria por las dificultades del cosechado mecánico. La forma de las vainas es importante porque determina con frecuencia el destino comercial. Así, las grandes vainas anchas, aplanadas y curvadas típicas del enorme grupo garrafal, aunque valen para refrigerado o congelado, son inapropiadas en general para la industria conservera pero siguen siendo las favoritas de los amantes de la judía verde («habichuelas» o «habicholillas»); es quizá el grupo más extendido en España por su calidad, a pesar de que al cocinarlas hay que quitarles la he-

bra. La industria prefiere vainas rectas y redondeadas; con esos caracteres, por mejora genética se consiguieron, desde principios del siglo pasado, excelentes variedades enanas para gran cultivo (siempre en regadío o secano húmedo) y recogida mecánica, si bien las vainas rectas y redondeadas también están presentes en buenas variedades de enrame.

Figura 1. Judía de enrame con acolchado y entutorado



La judía común se comporta como autógama salvo en su región de origen o en climas tropicales, donde puede mostrar fecundación cruzada (hasta un 40 %; depende, además de la variedad, de la época de floración y de la población de insectos polinizadores) tanto en formas cultivadas locales como silvestres. Aunque en las zonas templadas, y mucho más en cultivo forzado, la autogamia es estricta, la posibilidad mencionada es algo a tener en cuenta por los profesionales que trabajen en esos ambientes y, en todo caso, en el mantenimiento de la pureza varietal.

Como planta autógama que es, las variedades modernas de judía son líneas puras; en agricultura de subsistencia se cultivan razas locales, genéticamente heterogéneas, desaparecidas en el mundo desarrollado. En su obtención se emplean los métodos clásicos para plantas autógamas. El retrocruzamiento, como siempre, es el recomendable para introducir caracteres cualitativos de herencia sencilla en una variedad dada; en general, se aplican los métodos de

cruzamiento simple o múltiple y la selección posterior consiguiente, tradicionalmente genealógica, hoy también masal con selección en la fase final, más rápida y económica. Los marcadores moleculares son de uso común en programas de mejora, y recientemente se han introducido genes de resistencia a virus y gorgojo por ingeniería genética².

2.4. *Sistemas de cultivo*

En muchas regiones del mundo –en Galicia (España), por ejemplo– la judía de enrame se puede ver en cultivo mixto con maíz, una asociación típica en la agricultura americana precolombina³, pero, en general, solo puede hablarse de monocultivo. En extensivo para verdeo se emplean variedades de crecimiento determinado en cultivo completamente mecanizado. Los tipos de crecimiento indeterminado (trepador, de enrame) son los clásicos hortícolas, requiriendo recogida a mano; en la huerta se siembran en estructuras con tutores de tres palos o cañas, a manera de «tipi» indio, o en «barracas», enfrentados dos a dos en largas hileras sostenidas por un travesaño horizontal.

En un cultivo comercial se utilizan estructuras de alambre, permanentes en el caso de cultivo forzado protegido; también con hilos de plástico que unen el techo del invernadero con la planta, o con mallas. El suelo suele formarse con sustratos artificiales que permiten evitar los problemas de textura, acidez, carencias, etc. y aplicar los abonos por fertirrigación. La calidad del agua de riego determina la dureza de la hebra. Como es usual en leguminosas, sobre todo en lo que concierne al grano, los suelos calizos producen una cutícula más fuerte y una mayor dureza en la cocción. Es mejor mantener un grado de humedad continuo y no muy alto, sin llegar a un exceso de agua, ya que se podrían caer las flores. El sistema de riego más recomendable es por goteo por sus conocidas ventajas en cualquier cultivo. En el riego por aspersión debe tenerse en cuenta que favorece, en el caso de la judía, el ataque de «grasa».

Las labores de preparación, siembra y tratamientos son, asimismo, muy distintas a las tradicionales en huerta, con intensa mecanización; la siembra no es directa, realizándose en semillero y trasplantando las plantitas ya con hojas. Las dosis de siembra empleadas varían en función del sistema de cultivo y del hábito de crecimiento de la variedad; el cultivo extensivo puede hacerse en líneas separadas 50 cm y 5-10 cm entre semillas (de 20 a 25 plantas/m²),

² En Brasil; no se ha solicitado su registro en la UE y es posible que no se solicite debido a las dificultades que encuentran las variedades transgénicas para su difusión en Europa.

³ Junto con la calabaza formaban la famosa «triada», base de su agricultura antigua y en muchas regiones de la actual.

pero si el destino es la industria se llega hasta 40 plantas/m². En invernadero, siempre en función de la variedad y tipo de cultivo, el marco puede ser de 2 x 0,5 m con 1-3 semillas por golpe. Al aire libre la distancia entre líneas es 0,5 m para variedades enanas y de 0,7-0,8 m para las de enrame, con 3-5 semillas por golpe.

Figura 2. Judía de enrame sobre suelo acolchado



En el abonado se registran toda clase de situaciones, pero cabe señalar que, estando el nitrógeno garantizado por la simbiosis con rizobios, es un cultivo que extrae una buena cantidad de fosfórico y de potasa; si el cultivo no nodula, la importación de nitrógeno también es muy superior a la de los otros dos elementos: para grano seco, las cantidades de N, P₂O₅ y K₂O son respectivamente, en kg/ha y tonelada de grano, 50, 20 y 30. Para 10t de judía verde, las cantidades son 100, 25 y 80 respectivamente. De ahí la importancia de la simbiosis con rizobios y la necesidad de inocular en el caso de ausencia del mismo en el terreno.

Figura 3. Judía de mata baja sobre suelo acolchado con riego por goteo



La gran diversidad varietal, superpuesta a las grandes diferencias ambientales entre regiones y a la posibilidad de cultivo al aire libre con acolchado o sin él y en invernadero, hace que se tengan judías verdes frescas prácticamente todo el año, si bien la demanda en nuestro país es tan fuerte que no son raras las importaciones puntuales desde Marruecos. En general, en invernadero la siembra se hace en Almería y Murcia en diciembre-enero (temprana), abril-mayo y finales de agosto-septiembre (tardía); se cosecha a partir de las 6-7 semanas durante 3-4 meses; así pues, hay judías verdes en el mercado prácticamente durante todo el año como ya se ha dicho. Al aire libre o con acolchado se siembra en febrero-marzo y julio-agosto, recogiendo de mayo a julio y de septiembre a octubre respectivamente. Valencia y Castilla siembran

en febrero-marzo para recoger en mayo, y en Galicia y, en general, en el norte de clima húmedo o en regadío se siembra al aire libre en julio y se cosecha en septiembre-octubre; en Galicia, en invernadero, la siembra normal se hace en abril para recoger en junio, y la tardía se hace en septiembre para recoger en noviembre. Pero sobre ese patrón general se dan muchas peculiaridades; por ejemplo, en la Ribera del Ebro (Rioja, Álava y Navarra), las «pochas» se siembran en mayo-junio para tenerlas en el mercado en agosto.

La cosecha se realiza en función del destino del producto. Dejando de lado el de grano seco, si el producto a cosechar son granos maduros pero no secos («pochas»), se recolecta cuando la humedad relativa de estas está en el 50-60 % (se puede clavar la uña en el grano). Para vaina verde, es función de la variedad y del mercado, prefiriendo el consumidor vainas jóvenes si bien el agricultor trata de ganar peso retrasando el momento de recoger todo lo que puede pero debiendo evitar la formación de pergamino. En cultivo tutorado o en invernadero, la recolección debe ser manual, con producción escalonada, espaciada según variedad y cultivo, siempre con los granos poco marcados (salvo las «pochas», que han de desgranarse a mano en la cocina casera), pero en extensivo para la industria se hace con cosechadoras, debiendo ser la variedad completamente homogénea y tener las plantas una arquitectura apropiada, con todas o la mayor parte de las vainas en la parte superior para evitar ser dañadas en la recolección. Como hortícola, la recolección puede ser igualmente a mano o mecanizada.

A diferencia de lo que ocurre con guisantes y habas, la simbiosis natural con *Rhizobium* no suele ser muy efectiva en el caso de la judía, por lo que es recomendable en ese caso la inoculación de la semilla o de los surcos de siembra, operación siempre barata y eficaz. La razón es la especificidad de su rizobio (*R. leguminosarum* biovar. *phaseoli*) al ser una especie de origen americano. Es conveniente, por ello, saber si en los años anteriores al cultivo proyectado el terreno fue inoculado y qué respuesta hubo a la nodulación y, en todo caso, es recomendable realizar un ensayo previo, en un espacio limitado o incluso en laboratorio.

2.5. Enfermedades y plagas más importantes

Causadas por hongos:

- a) Antracnosis: manchas amarillentas en las hojas, depresiones en las vainas, formando manchas redondas de color marrón oscuro, que anulan el valor comercial del producto verde. Puede sobrevivir dos o más años en el suelo en restos de plantas. La estrategia más eficaz es la utilización de cultivares genéticamente resistentes y tratamientos preventivos.
- b) Podredumbre del tallo: cancro marrón rojizo en el tallo que puede llegar a rodearlo completamente, causando una atrofia severa de la parte aérea y el colapso de la planta.
- c) Fusariosis: decoloración rojiza en el cuello de la raíz y amarilleamiento en las hojas. En la raíz aparecen también lesiones que se vuelven de color marrón oscuro. Al ser enfermedad de suelo, la mejor estrategia es el empleo de variedades resistentes pues la desinfección es muy costosa sin garantía de evitar la reinfección. En cultivo protegido, el suelo artificial la evita.
- d) Roya: manchas en las hojas con pústulas y polvo de color rojizo que pasa a negro produciendo zonas amarillentas que terminan por secar la hoja.

Causadas por bacterias y virus:

- a) Grasa de las judías: lesiones circulares de coloración verde-amarillenta de aspecto grasiento en las hojas (mejor si se observan al trasluz), tallos y vainas, confluyendo unas con otras alcanzando una coloración pardo rojiza que puede llegar a afectar a los granos, con pérdida total del valor comercial tanto en verde como en grano. La enfermedad se transmite por las semillas. Si es endémica en la zona, la única solución es el empleo de variedades genéticamente resistentes. Debe tenerse, no obstante, mucho cuidado con el sistema de riego.
- b) Virus del mosaico común de las judías (BCMV): mosaico moteado verde claro-oscuro en las hojas que desencadena malformaciones. Suele producir plantas achaparradas de color amarillento. Se transmite por pulgones y por semilla y, por ello, deben emplearse variedades

- resistentes, así como controlar los áfidos vectores (con mallas y tratamientos) y exigir semilla libre de virus.
- c) Virus del mosaico amarillo (BYMV): típico mosaico verde amarillento en las hojas. No se transmite por semilla pero sí por pulgones. Las medidas de control son similares a las explicadas para el BCMV.

Plagas:

- a) Araña roja: vive en el envés de las hojas, donde provoca daños al puntear la superficie de las mismas, llegando a secarlas completamente, provocando en muy pocos días la defoliación total del cultivo. En condiciones de altas temperaturas su número crece exponencialmente.
- b) Gorgojo de las judías: plaga de remota antigüedad, con varias generaciones al año, a diferencia de otros gorgojos, siendo la primera la que se produce en el campo, pudiendo tener una o varias más en almacén.
- c) Mosca blanca: plaga polífaga, típica de invernadero y muy invasiva.
- d) Sitona: hojas típicamente festoneadas por incisiones producidas en los bordes por los adultos; las larvas viven bajo tierra y producen daños en las raíces llegando incluso a destruir los nódulos de *Rhizobium* reduciendo su capacidad fijadora con consecuencias directas sobre el rendimiento.

2.6. Usos

La gran variabilidad existente en la especie hace que los usos y posibilidades sean numerosos. Como leguminosa grano, se consumen los granos secos en multitud de guisos tradicionales en todo el mundo. En la ribera del Ebro de La Rioja, Álava y Navarra son populares las «pochas»: granos en madurez fisiológica pero no secos. Como planta hortícola, sus legumbres se consumen bien directamente o bien procesadas industrialmente; como curiosidad, en África se consumen también las hojas jóvenes. No todas las variedades se adaptan a todos los usos; la industria conservera, por ejemplo, necesita vainas y/o granos que no se alteren en el proceso, como puede ocurrir con el color del grano o el desprendimiento de la cutícula; en el caso de las vainas verdes se exige la ausencia de hebra y, por supuesto, de pergamino, así como vainas rectas y cortas o medianas para el enlatado (si bien hoy se encuentran pre-

cocinados con vainas troceadas), lo que elimina tipos varietales de excelente calidad culinaria. El pergamino es asimismo incompatible con el consumo de vainas verdes a menos que estas sean muy jóvenes, pero la fibra se tolera en variedades de alta calidad como las del tipo garrafal; eso sí, hay que eliminarlo antes de cocinar.

2.7. La judía de verdeo en la nutrición

Es bien conocida la riqueza proteínica en grano seco (hasta el 25 % de proteína total, un 16-18 % digestible), pero el producto verde tiene, lógicamente, tan solo un 2-3 %, algo más de hidratos de carbono (3-6 %) y grasa despreciable, todo lo cual hace que su valor calórico sean muy bajo (25-30 Kcal/100g) y, por tanto, y por su riqueza en fibra (del 10 al 20 % de fibra dietética), es un producto apropiado para una alimentación saludable. El contenido en vitaminas y oligoelementos del producto *verde* es testimonial, congruente, al igual que los datos anteriores, con un contenido en agua superior al 90 %. Pero hay que decir que quien consume judías verdes no lo hace por su valor dietético.

Las semillas contienen un gran número de principios antinutritivos, pero es sobradamente conocido que los principios más importantes desaparecen en las operaciones de cocinado, quedando algunos inocuos aunque molestos, tales como los factores de flatulencia sobradamente conocidos por los consumidores de grano *seco*. En judías de consumo en verde, sobre todo en forma de vaina, estos inconvenientes se reducen drásticamente, pues los factores antinutritivos se acumulan preferentemente en la testa de las semillas secas, en particular las de color oscuro.

2.8. Importancia y producción

En España se sembraron, en el año 2013, 15.400 ha para grano y unas 10.000 ha para verdeo que, salvo una pequeña cantidad en secano húmedo, se reparten entre cultivo en regadío extensivo (al aire libre, 6.500 ha) y protegido (3.500 ha), con una producción global de casi 180.000 t (105.000 extensivo, 75.000 protegido); los rendimientos *medios* en secano, extensivo (siempre en regadío) y protegido son, respectiva y aproximadamente (en t/ha), 7-8, 16-17 y 20-25. La región con mayor superficie en 2013 fue Andalucía, con casi 4.000 ha, 3.000 en cultivo protegido; Almería y Granada contabilizan

casi el total, la segunda con un tercio al aire libre, modalidad testimonial en las demás provincias. En el resto de comunidades, casi toda la producción se realizó al aire libre: Galicia (1.500 ha), Castilla y León (850 ha), La Rioja (800 ha) y Cataluña (650 ha) fueron las que registraron una mayor superficie. Galicia fue la región con mayores rendimientos (unas 30 t/ha, muy similar en los dos ambientes), difiriendo poco de las medias antes citadas las demás Comunidades⁴. Tales cifras encubren una caída del cultivo en España desde principio de siglo (en 2001 se sembraron 20.000 ha, el doble que en 2013, con la mitad aproximadamente en Andalucía), que registra desde 2010 cierto repunte debido en casi su totalidad a las provincias de Granada y, sobre todo, Almería, que ha triplicado en ese período la superficie de judía de verdeo en invernadero, siendo líder tanto en tecnologías como en producciones de alta calidad y fuera de temporada en el cultivo intensivo de la judía.

La mayor producción mundial de judía de verdeo se concentra en Asia y Europa, que contabilizan más del 80 % del total de los más de 4.000.000 t de este producto; China, India, Turquía y España son los principales países productores. Hay que decir que en casi todo el mundo son más fiables los datos de producción que los de superficie por el gran peso que tiene en este cultivo la agricultura local.

3. Guisante

Hoy en día se lo conoce en toda España como *guisante*, pero aún subsisten en regiones y localidades nombres antiguos como *arveja* y *chícharo*, ambos aplicados también a otras especies; aquel, a toda clase de semillas de vezas, no en vano es la herencia del latín *ervum* que también designaba los viejos yeros y otras legumbres, y *chícharo*, como se ha dicho en el caso de la judía, a almortas, garbanzos (allí se dijo que deriva de *cicércula*, «garbancito») y a la propia judía para grano. Además, *arveja* es el nombre más extendido en Hispanoamérica para el guisante.

3.1. Características botánicas, origen y domesticación

El guisante pertenece al género *Pisum* (tribu *Vicieae*). En la actualidad se reconocen dos especies dentro del género: el guisante cultivado *Pisum sativum*

⁴ En los datos oficiales, Madrid registra realmente el rendimiento máximo (37 t/ha en cultivo protegido) pero medido tan solo en una hectárea.

y *P. fulvum*. En el cultivado, a su vez, se distinguen dos subespecies: *elatius* y *sativum*, este último con dos *variedades botánicas*⁵: *arvense* y *sativum*; las *variedades comerciales* cultivadas en el mundo desarrollado pertenecen a esta última, si bien las de la *arvense* han sido y son forrajeras.

El guisante fue una de las primeras plantas domesticadas en el Cercano Oriente hace diez milenios junto a trigos, cebadas y lentejas. La presencia de zarcillos en las hojas indica que tenía aptitud trepadora que no desapareció en domesticación; esta supuso un mayor tamaño del grano y de la vaina y entrenudos más numerosos y cortos. El consumo, o al menos la difusión, como grano verde (más adelante también la vaina) se suele fijar en el reinado de Luis XIV (siglo XVII), pues parece ser que al Rey Sol le encantaban los granos inmaduros y, lógicamente, toda la aristocracia francesa y europea se convirtió en ávida consumidora de guisantes tiernos. Se dice también que fue este uso masivo lo que produjo un gran número de variedades de caracteres muy distintos que, dos siglos más tarde, le permitieron a Gregorio Mendel elegir los tipos más convenientes para estudiar las leyes de la herencia.

3.2. Clima y suelo

El cultivo se desarrolla entre 6 y 30 °C, con temperaturas óptimas de desarrollo y reproducción comprendidas en los intervalos de 16-20 °C para el día y 10-16 °C para la noche. En general no soporta bien temperaturas superiores a los 30 °C, influyendo negativamente sobre todo en la calidad del grano verde. Las variedades tradicionales (de grano) soportan bien las temperaturas invernales, pero evidentemente son un alto riesgo para el verdeo.

Al igual que la mayoría de las leguminosas, los guisantes prefieren suelos de textura ligera o media bien drenados y aireados, con pH comprendido entre 6 y 7. Los suelos con altos niveles de calcio producen clorosis y endurecen el grano. Es un cultivo muy sensible a la compactación del terreno, reduciéndose el crecimiento y el área foliar, así como el número de flores en la planta.

3.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética

En las variedades comerciales de verdeo se reconocen varios tipos; he aquí los principales: (a) por el hábito de crecimiento las hay enanas, de medio enrame y de enrame, con altura de la planta desde 25 cm en las primeras hasta

⁵ No hay relación entre *variedad botánica* y *variedad cultivada* (cultivar si esta está registrada).

300 cm en las últimas; (b) según la época de siembra: las hay de invierno y de primavera, aquellas (que también se pueden sembrar en primavera) con tolerancia a bajas temperaturas para poder sembrar en otoño, aprovechando así las lluvias de invierno; (c) por su ciclo productivo: de tempranas a tardías (de tres a cinco meses desde la siembra); (d) por su aptitud para grano o vaina comestible; el grano seco no cuenta ya en países desarrollados; (e) por las características de sus semillas se distinguen sobre todo por su forma (lisa, arrugada, redondeada o angulosa; los granos rugosos son más dulces) y por su color en madurez (verde, amarillo, blanco), caracteres que determinan en muchas ocasiones el destino de la producción: la industria conservera prefiere los granos de color verde claro, y la congeladora y el consumo en fresco los de color verde oscuro.

Hasta la floración, las plantas presentan un porte erecto, pero debido al aumento de los entrenudos, del grosor de los tallos y al peso de las vainas, las plantas tienden a encamarse con el problema consiguiente para la recolección. Existen mutantes con *todos* los foliolos transformados en zarcillos que se entrelazan unos con otros y levantan las plantas del suelo al apoyarse unas en otras; en las variedades *áfilas* las estípulas también se han transformado en zarcillos, pero se prefieren las *semiáfilas*, en las que las anchas estípulas del guisante mantienen su forma y que también evitan el encamado. La mayor producción de estas últimas respecto a las *áfilas* se debe a su mayor superficie asimiladora, pues el zarcillo es apenas útil en esta función. Los genes de *afilia* eran conocidos de muy antiguo, pero solo se transfirieron a variedades comerciales en el último tercio del pasado siglo. Como consecuencia de separarse del suelo, una ventaja adicional de las variedades *áfilas* y *semiáfilas* es la baja o nula incidencia de muchas enfermedades criptogámicas.

Así como en judía y habas se reconocen grandes grupos varietales (garrfales en aquellas, aguadulce o muchamiel en estas), no sucede así con el guisante en España, pues en la segunda mitad del siglo pasado se modificó totalmente el espectro varietal debido a una fuerte introducción de variedades hortícolas, sobre todo francesas e inglesas, que se utilizaron también para grano seco; las autóctonas quedaron relegadas a su uso proteaginoso o desaparecieron. Es una consecuencia del gran trabajo de obtención de variedades realizado en esos países durante el siglo anterior y el olvido de la investigación correspondiente en España, solo comenzado en guisante en la década de los ochenta del pasado siglo.

Figura 4. Guisante para grano fresco



El guisante es especie autógena pero se conocen casos de hibridaciones naturales por abejorros y abejas solitarias; al no haberse dado nunca estimaciones más altas del 4 % de alogamia se tratan como autógenas estrictas por los mejoradores, lo que no debe impedir el seguimiento escrupuloso del protocolo de selección conservadora para el mantenimiento de la variedad.

Los objetivos de la mejora del guisante dependen del destino del producto. Históricamente fue el aumento del rendimiento en grano seco, utilizado tanto en consumo humano como animal. Para grano verde prima la calidad,

tanto de vaina como de grano, sobre la cantidad, pues el grano (y, desde luego, la vaina en las tirabeque) puede resultar incomedible si se ha esperado más de lo conveniente para cosechar. Tanto para seco como para verdeo es importante el desarrollo de vainas sin pergamino, evitándose la dehiscencia en el primer caso y permitiendo las «cometodo» en las segundas.

Los objetivos concretos respecto a la calidad pueden variar en función del destino. Por ejemplo, el contenido en azúcares es un factor importante en los guisantes destinados al enlatado y congelado, de ahí que se prefieran los rugosos; es un carácter de herencia sencilla (fue, por eso, uno de los que estudió Mendel) y de fácil introducción por retrocruzamiento. Incluso hay que tener en cuenta la región: en el mercado francés, por ejemplo, los guisantes para industria deben ser sobre todo de tipo de semilla redonda y pequeña. Los factores antinutritivos no son importantes en el guisante moderno, sobre todo para verdeo; las variedades de flor blanca, que posiblemente existían ya a comienzos de la Edad Moderna, se han impuesto pues eliminan la mayor parte de los taninos responsables de la pérdida de digestibilidad del grano seco; de todas formas, taninos y factores de flatulencia están sumamente reducidos en el producto verde.

Figura 5. Guisante de mata baja para grano fresco



Un carácter esencial en la mejora ha sido y es la adaptación a la mecanización en el cultivo extensivo para verdeo, principalmente para la recolección, para lo que es muy importante que se mantenga erguido y resista el encamado; las variedades semiáfilas son por esto las favoritas desde hace tiempo. Por supuesto, el rendimiento en verdeo sigue siendo un objetivo permanente aunque haya que tener en cuenta los factores de calidad y de cultivo.

Dada su autogamia, las variedades de guisante, como en el caso de la judía, son líneas puras. Los métodos de mejora a aplicar en la especie son los típicos de las especies autógamas, ya mencionados en el caso de las judías (véase subapartado 2.5): retrocruzamiento para caracteres de herencia sencilla, cruza-mientos con selección posterior para los demás. El excelente conocimiento que se tiene de la especie a nivel molecular hace que se pueda aplicar plenamente la ingeniería genética, especialmente para introducir resistencias a estreses bióticos y abióticos. La mayor innovación en el último medio siglo, sin embargo, fue la sencilla introducción del gen de la afilia por simple retrocruzamiento.

3.4. Sistemas de cultivo

Por todo lo dicho hasta ahora, las técnicas de cultivo y variedades a emplear serán distintas en función del producto deseado: grano verde o de vaina completa, para consumo fresco o para industria, y dentro de esta, congelado o enlatado. La producción de grano para consumo humano en verde se suele realizar en condiciones de regadío extensivo. La producción de vaina verde, también en condiciones de regadío, se realiza en algunos casos en cultivo protegido y en otros al aire libre (lo más usual en España). En este último caso, al igual que en las judías, hay que disponer de variedades que tengan la producción acumulada en la parte superior de la planta para poder efectuar la recolección mecánica en las mejores condiciones, entre las que también figura la uniformidad de la parcela, y de ahí la necesidad de utilizar variedades genéticamente homogéneas, bien obtenidas y conservadas. La recolección de las variedades de enrame para producción de tirabeques se hace a mano por su difícil mecanización.

Teniendo en cuenta que, a diferencia de las judías, es planta de día largo (fructifica, de forma natural, a finales de primavera), se siembra en otoño, en siembra escalonada según exigencias varietales en integral térmica, para cosechar desde febrero a abril; pero las de ciclo corto se siembran en primavera, desde marzo (incluso en enero-febrero si el clima lo permite), y se

cosechan desde abril hasta principios de verano. En campo abierto, la siembra de variedades enanas (esto es, no de enrame) se hace tanto a chorrillo (unos 25 granos/metros lineal) como a golpes con sembradoras monograno, dependiendo las dosis del tamaño de la semilla; normalmente se trata de conseguir unas 100-120 plantas/m².

En huerta se prefiere la siembra en cuadro para facilitar el tutorado de las variedades de enrame o semienrame, que se realiza a la manera vista en el caso de las judías. En cultivo protegido se emplean cuerdas de rafia en plegadores y otros sistemas. Producciones de primor, como los tirabeques destinados principalmente a la exportación, se realizan en tales ambientes protegidos. En cualquiera de las condiciones en que se cultive, hay que evitar tanto el estrés hídrico tras la floración como el exceso de humedad.

Al igual que otras leguminosas, es planta que necesita una gran cantidad de nitrógeno a causa de su alta proporción de proteínas en el grano; las cantidades que extrae el cultivo para grano seco de N, P₂O₅ y K₂O son respectivamente, en kg/ha y tonelada de grano, 50, 15 y 35; en verde, para 10 t de producto verde las cantidades son 100, 25 y 80 respectivamente. De nuevo hay que insistir en la importancia de la presencia de nódulos activos fijadores de nitrógeno (presentes o inoculados artificialmente), que le suministran a la planta la gran cantidad que extrae del suelo.

La recolección de grano verde se realiza hoy día con cosechadoras peiadoras (que, además, limpian y trillan) tras haberse superado en el último tercio del pasado siglo la utilización de segadoras y de recogedoras-trilladoras. Se cosecha cuando los granos tienen un contenido medio en humedad entre 70 y 75 %; se utiliza para ello el índice tenderométrico, que mide la dureza de la semilla. En cultivares destinados a la industria, se recomienda recolectar cuando los granos muestran un índice comprendido entre 100 y 125 grados tenderométricos, para congelación los valores más bajos y para conserva (generalmente rugosos) los más altos; hay que tener en cuenta que la medida del tenderómetro depende del tamaño del grano y de la hora de la toma de muestras, por lo que la medida ha de realizarse siempre en las mismas condiciones. En los cultivares destinados a la industria es fundamental reducir al máximo el tiempo que transcurre desde la recolección a la entrega y procesamiento en la industria.

En terrenos donde no se ha cultivado previamente el guisante o dejó de cultivarse durante largo tiempo, y asimismo cuando el suelo sea de pH ácido o de textura ligera, es muy posible que no haya rizobios en cantidad

suficiente. En esos casos es recomendable la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* que, en condiciones normales, es frecuente en los suelos españoles al ser común a multitud de leguminosas autóctonas. La cantidad de nitrógeno fijado puede variar desde 70 a más de 100 kg de N/ha, dependiendo de todos los factores comunes a los rizobios: variedad, estructura del suelo y contenido en nitrógeno mineral del mismo, de la disponibilidad de agua y de la época de siembra. Si es inóculo comercial y no espontáneo, también de la raza de *Rhizobium*.

3.5. Enfermedades y plagas más importantes

Causadas por hongos:

- a) Antracnosis: Manchas de color ocre redondeadas en hojas y vainas, alargadas en los tallos, bordeadas por un anillo oscuro. En ellas aparecen numerosos puntos negros, perceptibles a simple vista, que son los picnidios productores de las esporas que propagan la enfermedad. Las manchas de los tallos son el resultado de una atrofia vascular, impidiendo la circulación de la savia, pudiendo romperse por dichas lesiones, produciendo la muerte de la planta sobre la zona afectada. Se desarrolla en período húmedo y con temperaturas entre 5 y 30 °C. El hongo sobrevive (pero no se transmite) en semillas infectadas y en residuos de cultivo. Es conveniente la aplicación de tratamientos preventivos con funguicidas incluso en cultivares resistentes cuando las condiciones son favorables al parásito.
- b) Fusariosis: enfermedad de suelo, el hongo se instala en el sistema vascular de la planta y es uno de los principales causantes de la marchitez en este cultivo, constituyendo también uno de los factores limitantes importantes del cultivo. Las variedades de invierno sufren menor ataque de *Fusarium* debido a que al llegar la primavera las plantas han desarrollado un sistema radicular más fuerte y más lignificado y, por lo tanto, opone más resistencia a la entrada del hongo. Para mayor seguridad, conviene sembrar variedades resistentes en los lugares en los que se tema el ataque (hondonadas, etc.).
- c) Botritis: Se forma un micelio de apariencia algodonosa que invade hojas y vainas. Su desarrollo se favorece por una humedad alta y poca aireación.

- d) Mildiu. Produce grandes pérdidas en plantas jóvenes en condiciones frías y húmedas. Los primeros síntomas aparecen en las hojas inferiores progresando la enfermedad hacia zonas superiores de la planta. El envés de las hojas se cubre con una capa de esporas de color gris, y en el haz se producen erupciones de color amarillo-marrón. Las flores y vainas pueden llegar a ser infectadas, produciéndose en estas últimas manchas marrones y deformaciones. Al transmitirse por la semilla es importante contar con semilla no contaminada, así como realizar un tratamiento químico con un fungicida. También, se recomienda la destrucción de los restos de cosecha y usar rotaciones amplias.

Causadas por virus:

- a) Los virus descritos más importantes son: *Pea Enation Mosaic Virus* (PEMV), *Pea Mosaic Virus* (PMV) y *Pea Top Yellows* (PTY). La única forma de combatirlos es con variedades resistentes y evitando la presencia de insectos vectores.

Causadas por plantas parásitas.

- a) Jopo (*Orobanche crenata*). El jopo es una fanerógama parásita, que al carecer de clorofila, no puede transformar directamente el carbónico atmosférico en hidratos de carbono, que, por tanto, tiene que tomar de la planta que parasita. Carecen de verdaderas raíces, sustituidas por haustorios que penetran en las raíces del huésped. En su desarrollo, cuando el jopo emite su tallo, y sale del suelo con gran vigor, el daño en el cultivo ya está hecho, por lo que su control debe realizarse antes que emerja del suelo. Una vez emergido, florece, produciendo un elevado número de semillas (entre 50.000 y 300.000 cada planta parásita), por lo que la infestación que una sola planta realiza en el terreno es sorprendente; las semillas pueden permanecer viables hasta más de 15 años. En Andalucía, en la campaña 1995/1996 el guisante, que se estaba reintroduciendo con pleno éxito, sufrió un fuerte ataque de jopo que hizo abandonar el cultivo. Es un auténtico factor limitante del mismo. Se están estudiando distintos tratamientos herbicidas que controlen el jopo. Sin embargo la disponibilidad de cultivares de guisante resistentes a dicha planta parásita sería, de haberlos, la mejor solución.

Plagas:

- a) Las más usuales son la sitona, el pulgón verde (aparte del daño, como transmisor de virus) y el gorgojo. Para todas ellas, véase lo dicho para la judía.

3.6. Usos

En agriculturas de subsistencia, una misma variedad de guisante sirve para todo propósito, como le ocurre a todas las leguminosas de grano: pienso (grano y paja), forraje, abono, potajes, gachas, harina... Aún se utiliza para alimentación humana en numerosos países en vías de desarrollo. En verdeo se aprovechan el grano y la vaina completa inmadura, con las semillas apenas insinuadas, en las variedades denominadas 'Tirabeques', 'Bisaltos' y 'Cometodo'. La producción hortícola se destina al consumo directo en fresco y a la industria de congelados o enlatados. Se utiliza también en la fabricación de productos dietéticos. En algunas regiones de Asia y África se consumen las hojas y partes verdes como verdura.

Figura 6. Guisante lágrima



3.7. *El guisante de verdeo en la nutrición*

El 25 % de proteína que contiene el grano seco queda reducido a un 6-7 % en el producto verde, y aún menos si se trata de la vaina inmadura 'Cometodo'. Es, no obstante, una cantidad más elevada que el equivalente en la judía ya que, en el guisante, el grano se recolecta en un punto más cercano a la maduración. Lo mismo les sucede a los hidratos de carbono (un 12-13 % frente al 3-6 % de la judía). El contenido en vitaminas y oligoelementos es mínimo en el producto verde que, como se ha dicho para la judía, no se elige por sus elementos nutritivos sino por su calidad organoléptica.

El guisante, al igual que el resto de las leguminosas, contiene en sus semillas factores antinutritivos como inhibidores de la tripsina, fitohemaglutininas o lectinas; los contenidos son bajos incluso en el grano seco y, además, casi todos ellos se inactivan por el calor del cocinado. Los taninos, que son termorresistentes, se eliminan mediante el uso de variedades de flor blanca, impuestas desde mucho tiempo atrás. Todo ello hace que el guisante no haya presentado problemas nutricionales, y mucho menos en forma de producto verde.

3.8. *Importancia y producción*

Típica leguminosa grano mediterránea, se convirtió en hortícola en las buenas mesas francesas del siglo XVII; sigue teniendo básicamente su uso inicial en todo el mundo, siendo apenas una sexta parte el área destinada al producto verde. La superficie cultivada de guisantes de verdeo en España en 2013 fue de unas 12.000 ha, prácticamente toda en cultivo al aire libre en regadío, con pequeñas superficies testimoniales en secano húmedo y seco a partes iguales. La producción fue de unas 85.000 t, con un rendimiento medio de algo más de 7 t/ha; en cultivo protegido llega a las 10 t/ha; en secano húmedo, 5 y en seco apenas sobrepasa las 2 t/ha. El destino del producto, que se mantiene sin apenas variación a lo largo de los últimos años, fue de un 95 % para congelado, 5 % enlatado y 1 % en fresco. La comunidad que más superficie dedicó a su cultivo fue Aragón (4.200 ha), seguida Castilla-La Mancha (unas 1.800), Navarra (1.500), y La Rioja y Castilla y León (algo más de 1.300 ha cada una); los rendimientos en regadío extensivo fueron bastante homogéneos, oscilando entre 6 y 8 t/ha⁶. Desde principios de siglo se registró un sensible aumento de la superficie sembrada (en 2001 no llegó a las 8.000 ha) que se estabilizó, con

⁶ Hay datos muy superiores pero registrados en muy pequeñas superficies que no se consideran aquí.

algunos altibajos, desde 2006; la superficie para guisante seco experimentó un enorme aumento a mediados de los 90 llegando a las 70.000 ha, debido fundamentalmente a las subvenciones de la UE.

La superficie mundial de guisante de verdeo ronda el millón de hectáreas, la cuarta parte en India, que es también el mayor productor con unos 4.000.000 t, seguida de China (más de 1,5) y EEUU (unas 800.000 t). En Europa, Francia y el Reino Unido están en primer lugar con unas 400.000 t cada uno. Como en el caso de la judía, debe indicarse que los datos de producción son más fiables que los de superficie debido a la proliferación de pequeñas superficies en el mundo rural.

4. Habas

Viejas conocidas en la agricultura tradicional, tanto mediterránea como europea, se las llama, como a las otras dos leguminosas aquí consideradas, con diversos nombres pero en este caso siempre distintivos; en español, habas («caballares», «cochineras»...) y habines que corresponden en francés a *fève* y *fèverole*; en inglés, diversos compuestos de su nombre propio *bean*, específico para habas aun en diccionarios agrícolas del XIX: *tickbean*, *horsebean*, *broadbean*, *fieldbean*... Aún más significativo es el hecho de que su nombre se transvasara a la nueva leguminosa procedente de América, la judía, pues esta recibió, en español, los nombres de «fabes» y «habichuela», y en inglés los de *common bean*, *kidney bean*, etc. La *faba* romana, que le dio nombre a festivales de oscuro origen religioso (las *fabaria*) y a familias de antiguo abolengo (los *Fabios*), estaba bien instalada en el mundo antiguo.

4.1. Características botánicas, origen y domesticación

El género *Vicia* pertenece, como el guisante, a la tribu *Vicieae* de las fabáceas o leguminosas. No se conoce en forma silvestre, por lo que solo se considera una especie, *Vicia faba* L., y, según autores, algunas variedades *botánicas* cuyos nombres no tienen más significación que la puramente descriptiva, habiéndose demostrado que sus caracteres son función principalmente de la selección humana en diversas regiones en el mundo. A diferencia de las dos especies anteriores, las habas no tienen zarcillos, ni terminales ni foliares, por lo que no es planta de enrame; sus tallos, angulosos y fuertes, mantienen a la planta

erecta sin necesidad de apoyos. Tamaño y forma, tanto de la semilla como de la vaina, son los principales caracteres que discriminan entre grupos varietales.

Se domesticó, como tantas otras especies, en el Cercano Oriente durante el Neolítico tardío hace unos siete milenios. Por comparación con variedades primitivas cultivadas hasta la mitad del pasado siglo en Afganistán y Pakistán, la domesticación produjo en la planta un menor número de ramas pero muy robustas, mayor número de flores por inflorescencia, vainas y granos de mayor tamaño y granos de colores variados (las de las primitivas son uniformemente negros), sobre todo de color leonado.

Las habas tienen una posición intermedia entre los extremos de autogamia (autofecundación) y alogamia (fecundación cruzada), lo que repercute en la labor de mejora y en la conservación de variedades, como luego veremos. Los valores de la tasa de fecundación cruzada van desde el 4 % hasta el 85 %, dependiendo de la región, del período de desarrollo del cultivo, etc. Los polinizadores más frecuentes son los abejorros (bombícidos como *Bombus hortorum*) y las abejas tanto domésticas como, sobre todo, solitarias; la importancia de cada insecto depende de las condiciones locales. Valga un ejemplo: en el Valle del Guadalquivir se han registrado tasas de alogamia del 50-70 % siendo las abejas solitarias, en particular *Eucera númida*, los polinizadores más eficaces, pero en el norte de Francia lo son los insectos pertenecientes al género *Bombus* y las abejas domésticas. *Es fundamental comprender la existencia de alogamia parcial para la conservación de las variedades obtenidas.*

4.2. *Clima y suelo*

Se desarrollan mejor en climas suaves que en los fríos. Temperaturas superiores a los 30 °C entre la floración y el cuajado pueden provocar caída de flores y de vainas inmaduras, aumentando la dureza de estas, con la consiguiente pérdida de calidad si es para consumo en fresco. Toleran las heladas moderadas, incluso fuertes pero de corta duración, siempre que no ocurran en flor. Prefieren suelos arcillo-limosos bien drenados, con pH neutros o ligeramente alcalinos, aunque se adaptan a un amplio intervalo de pH (6,0 a 9,0), al igual que a suelos franco arenosos, especialmente en regiones de altas precipitaciones. Dejan buena estructura y no menos buena cantidad de nitrógeno en el suelo, por lo que tradicionalmente se empleaban al comenzar la puesta en cultivo de un terreno recién desmontado.

4.3. Tipos varietales y métodos de mejora genética

El hábito de crecimiento típico que presenta la especie es el indeterminado, pero existen variedades de crecimiento determinado con inflorescencia terminal que, por ser un carácter de herencia sencilla, es fácilmente transferible a variedades comerciales. En nuestro país ha existido una gran riqueza genética en poblaciones autóctonas de habas tanto de secano como de huerta, algo que también ha sucedido en otros países europeos; de ahí que tanto en español como en inglés y francés, se empleen distintos nombres para los diferentes usos sin salir de las habas para pienso.

Figura 7. Habas de crecimiento determinado



Como planta de huerta, en España ha habido asimismo una diversidad y calidad inigualable en los grupos varietales (no variedades) ‘Aguadulce’ (o ‘Sevillana’), ‘Muchamiel’ y ‘Mahón’, debiendo añadirse al menos las ‘Granadinas’ y las ‘Ramillete’, caracterizados (detalles particulares aparte) por vainas largas y anchas, con abundante tejido esponjoso blanquecino que acolcha el interior, sin pergamino y, en muchos casos, sin hebra, con numerosos granos anchos y aplastados que permiten su consumo en verde incluso en maduración relativamente avanzada. Este tipo de variedades fue el último en aparecer en la historia, situándose su uso inicial en las buenas mesas romanas de finales del Imperio. Líneas de ‘Aguadulce’ (bajo los nombres de *Aquadulce* o *Seville*) se han utilizado en los programas de mejora, antiguos y modernos, de Europa y de la cuenca mediterránea. Por la industria conservera se utilizan granos inmaduros pequeños de todo tipo de variedades, incluso de las tradicionales para pienso, pero no alcanzan la calidad ni en textura ni en sabor de los de las mencionadas al comienzo de este párrafo.

Entre los objetivos de la mejora figuran los del rendimiento y la resistencia a enfermedades, en particular a jopo (véase subapartado 3.7), un factor limitante del cultivo, sobre todo en secano, atenuado en huerta sobre todo en cosechas tempranas. La obtención de variedades aptas para el recolección a máquina es objetivo obligado en el cultivo extensivo (de verdeo) para reducir costes, pues aunque se puede realizar con cosechadoras adaptadas de guisante, la pérdida de producto puede ser alta. La introducción del hábito de crecimiento determinado, que produce un ramillete de vainas en el ápice de la planta, se ha realizado con éxito aunque su uso no se ha difundido por desconocimiento de su existencia.

La calidad para verdeo de los tipos clásicos mencionados se ha considerado siempre como suficiente, pero hoy en día hay que añadir la calidad para la industria conservera como en el caso de las *baby* y la eliminación o reducción de factores antinutritivos, si bien son de escasa o nula presencia en el producto verde, sobre todo en el temprano. Además, los taninos están en muy baja proporción en las variedades de flor blanca, que es un carácter obligatorio en otros países europeos; los factores causantes del fabismo (véase más adelante) pueden reducirse drásticamente, asimismo, por medio de un solo gen ya introducido en líneas experimentales; ambos caracteres se transfieren fácilmente por retrocruzamiento.

Además de los objetivos tradicionales mencionados, en habas debe tenerse en cuenta la estabilidad del rendimiento, dado su carácter de especie

parcialmente alógama. La selección de producción estable en condiciones de ausencia o escasez de insectos polinizadores, como las que pueden darse en invernadero o en siembras densas, conduce a *variedades autofértiles*, cuya obtención no es difícil con un plan de mejora adecuado. Tales variedades tienen la ventaja de mostrarse independientes de los polinizadores, dando una producción base que, además, puede aumentar en campo abierto por la fecundación cruzada efectuada por los insectos.

Figura 8. Habas, fase de conservación varietal



En lo que respecta a los sistemas de mejora aplicables, ha de tenerse presente la alogamia parcial que presenta la especie tanto para la labor de selección propiamente dicha como para la selección conservadora de la variedad. Se pueden obtener líneas puras por autofecundaciones sucesivas que, al mismo tiempo, permiten seleccionar por autofertilidad; debe operarse en instalaciones que impidan la entrada de polinizadores (jaulones con mallas, por ejemplo). Son variedades aptas para el cultivo en invernadero; su mantenimiento ha de hacerse asimismo en instalaciones a prueba de polinizadores o en aislamiento en campo. En tales líneas es fácil introducir nuevos caracteres por retrocruzamiento.

Pero lo más frecuente ha sido seguir el método de selección masal simple o, mejor, de selección recurrente, que puede acompañarse, según el carácter de que se trate, de retrocruzamiento. Son variedades para campo abierto, pero su conservación por el propio agricultor no es aconsejable a causa de la ya mencionada fecundación cruzada, pues en pocos años la variedad pierde su homogeneidad; si el agricultor selecciona las mejores plantas para semilla del año siguiente, lo que está consiguiendo es, lenta y malamente, transformarla en otra variedad.

Si bien en un nivel inferior a judías y, sobre todo, a guisantes, las técnicas de biología molecular (marcadores moleculares, por ejemplo) se aplican o pueden aplicarse ya en los actuales programas de mejora de modo rutinario.

4.4. Sistemas de cultivo

En algunos lugares se integran en un cultivo mixto (en China, por ejemplo, con maíz, algodón o arroz) pero, en general, se han desarrollado tradicionalmente en monocultivo, bien extensivo para grano, bien intensivo en huerta para consumo directo o en regadío para industria. Al no ser planta de enrame, el cultivo es sencillo, sin tutores ni apoyos, debiendo tenerse cuidado, si lo que se siembran son variedades de los grupos Aguadulce, Muchamiel, etc., de que las largas vainas que van a ir al mercado no estén en contacto con el suelo. Las más precoces (las Muchamiel a la cabeza) se pueden sembrar en huerta en la costa mediterránea de septiembre (incluso finales de agosto) a octubre, pudiendo estar en el mercado las primeras vainas verdes desde finales de noviembre. En general, la siembra se efectúa, para gran cultivo, desde octubre a noviembre, recolectándose desde marzo a mayo.

Las necesidades en macroelementos son similares a las de las otras dos leguminosas tratadas. En kg/ha y tonelada de grano *seco* son respectivamente, 50-60, 15 y 40 para N, P₂O₅ y K₂O, que se elevan a 100-120, 25-30 y 80 en el caso de 10t de vainas verdes. El nitrógeno, como en los otros dos casos, lo suministra la asociación con rizobios activos, lo que se verá, como ya se ha dicho, por el color rojo del interior de los nódulos. Es cultivo sensible a la falta de agua desde floración hasta el llenado de vainas.

En gran cultivo, se puede adaptar la cosechadora de guisante; también se puede utilizar una segadora que deje las matas en línea para pasar a continuación una desgranadora. La utilización de variedades de crecimiento determinado solventaría el problema con un solo pase de cosechadora. En huerta, para consumo fresco, se suelen dar dos o tres cortas a mano (son tradicionalmente variedades de crecimiento indeterminado), con una longitud de vaina que depende del mercado local pero que suele ser los $\frac{3}{4}$ del tamaño final a juicio del hortelano. Para las habas *baby*, de tan gran aceptación hoy en día en enlatado y precocinado, hay que dar las cortas cuando el grano no llega a 12 mm, con alto coste de recolección a mano en momentos estacionales puntuales con los clásicos problemas sociales asociados a tal tipo de recolecta; la utilización de variedades de crecimiento determinado permitiría la recolección mecanizada sin problema, con una ventaja adicional, cual es que el grano *baby* obtenido sería de la misma variedad y no procedería de una mezcla abigarrada de plantas de todo tipo como el autor de este capítulo ha podido observar más de una vez. Las vainas verdes, si van destinadas al consumo en fresco o a la industria transformadora, tienen que ser rápidamente clasificadas, envasadas y comercializadas, para evitar pérdidas en calidad y mermas en producción.

El rizobio de las habas, el mismo que el del guisante, se encuentra en todas las zonas tradicionales de cultivo. Como en el resto de los casos donde el cultivo se ha abandonado desde hace tiempo, conviene comprobar primero su presencia en el suelo y, en caso contrario, inocular. La cantidad de nitrógeno que dejan las habas en el terreno puede variar entre 60 y 250 kg/ha/año según estimaciones, lo que la hace una especie particularmente adecuada a las rotaciones al poderse reducir el consumo de abonos nitrogenados en el cultivo siguiente.

4.5. Enfermedades y plagas más importantes

Causadas por hongos:

- a) Roya de las habas. Ataca la parte aérea de la planta, principalmente hojas y tallos, formando las típicas pústulas herrumbrosas.
- b) Ascoquitosis (antracnosis). Daños en hojas, tallos y vainas similares a los de las antracnosis de otras especies, con lesiones circulares o elípticas (hojas) o alargadas (tallos) de color marrón oscuro con puntos oscuros (picnidios). Debe utilizarse semilla tratada para prevenir la enfermedad.
- c) Mancha chocolate (botritis). Grave en zonas húmedas o cultivos con exceso de humedad. Se desarrolla sobre todo en las hojas: pequeños puntos de color marrón-rojizo que llegan a formar manchas circulares color café con el margen marrón rojizo.

Causadas por bacterias y virus:

- a) No han sido descritas en nuestras condiciones enfermedades importantes en habas causadas por bacterias. Las producidas por virus han aumentado su importancia en España en los últimos veinte años, provocadas por el virus del mosaico (BBMV: *broad bean mosaic virus*), del enanismo del guisante (PEMV: *pea enation mosaic virus*), mosaico amarillo (BYMV: *bean yellow mosaic virus*) y del enrollado (BBRV: *broad bean roll virus*). Han de utilizarse variedades resistentes y evitar el ataque de pulgones.

Causadas por nematodos:

- a) Nematodos del tallo. Es una auténtica enfermedad en este caso al existir contacto permanente huésped-parásito. Es especialmente importante en regiones frías. Se manifiesta por un ligero engrosamiento de los tallos jóvenes, el cual se va ampliando a lo largo del tallo conforme la planta se desarrolla, adquiriendo una coloración de marrón

a negra. En plantas adultas atacadas puede enmascarse por los síntomas de botritis: levantando la cutícula podrá observarse la presencia de nematodos en su caso, produciéndose además una típica deformación en pecíolos y folíolos. La infección se puede pasar a las vainas, y de estas a las semillas. El nematodo puede persistir en el suelo durante varios años, incluso sin la presencia de plantas hospedadoras. Se recomienda la desinfección de la semilla para erradicar o reducir el riesgo de infección.

Causadas por plantas parásitas:

- a) Jopo (véase más arriba, 3.7). Posiblemente sea el factor más limitante para su cultivo en muchas zonas de nuestro país y del Mediterráneo, donde ha sido el causante del abandono total del cultivo debido a las fuertes infestaciones provocando la pérdida total de la producción. El empleo de cultivares ya obtenidos tolerantes o resistentes ('Baraca'), y la lucha con medios químicos (glifosato *en muy baja concentración*, que debe consultarse a los técnicos), ayudados siempre con rotaciones adecuadas, son la solución. El problema es menor en huerta, pues el riego continuado puede favorecer la eliminación de las semillas de *Orobanche crenata*, pero debe evitarse la introducción por importación poco cuidadosa de alguna variedad foránea de *O. ramosa*, agresiva, polífaga y perfectamente adaptada a suelos húmedos en ambientes de todo tipo de climas.

Plagas:

- a) Gorgojo y Sitona son similares en ataques y daños a las ya vistas en guisante.
- b) Lixus: larvas minadoras que se desarrollan en el interior de los tallos, excavando galerías longitudinales, terminando por secar a la planta.
- c) Pulgón negro. Además de ser vectores de determinados virus, producen deformaciones en hojas, tallos y vainas, además de abortos de flores y vainas inmaduras.

4.6. Usos

Las habas se utilizan como leguminosa-grano, como hortícola e incluso como abono verde. El grano seco, en los países desarrollados, se utiliza en la alimentación animal debido a su alto valor proteínico y, en pequeña escala, en alimentación humana como aperitivo (granos tostados y salados), y en países de la órbita mediterránea, como Egipto por ejemplo, siguen siendo las materias primas de platos populares. Como planta hortícola se aprovechan vainas enteras o bien únicamente los granos, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentren y de las costumbres culinarias de cada región. En la actualidad se procesan para enlatado, congelado y precocinado y, en el Levante español, también como aperitivo, requiriéndose, como en otras especies, características varietales diferentes para cada uso, si bien es algo que en este cultivo apenas se practica.

4.7. Las habas de verdeo en la nutrición

Los granos *secos* superan con facilidad el 25 % de proteína total y alcanzan el 60 % de hidratos de carbono; pobres en grasa, como las demás. En verde, superan a las compañeras del capítulo en proteínas (9 %), con una proporción similar en azúcares que el guisante (12-14 %). Pero, como se ha dicho en los dos cultivos anteriores, no se consumen habas verdes por su valor nutritivo sino por el organoléptico.

Dos glucósidos, vicina y convicina, están presentes en la mayoría de los cultivares de habas, siendo los responsables principalmente de la enfermedad diagnosticada en humanos como fabismo; es una hemorragia intestinal producida tras la ingesta de habas, si bien solo ocurre si quien las ingiere tiene un gen específico que permite tal efecto; el gen persiste en algunos países mediterráneos, pero es muy raro en países desarrollados como España. *No es una respuesta alérgica*, como se oye a veces; si el lector ha comido habas alguna vez aunque sea en forma de grano tostado como aperitivo y no ha sentido nada, es suficiente prueba de que no es portador del gen para la sensibilidad. Se conocen mutantes libres de estos glucósidos, carácter que se ha introducido en algunas variedades actuales.

Como todas las leguminosas, y todos los vegetales en general, las semillas contienen taninos, sobre todo en la cutícula, ocasionando baja digestibilidad de la proteína ingerida, factor de importancia en grano seco para pienso

pero nulo o escaso en habas de consumo en verde o conserva, pues el grano aún no los ha formado; como ya se ha dicho, las variedades de flor blanca se encuentran libres de taninos (son las «cero taninos»), siendo obligatorias en algunos países.

4.8. Importancia y producción

En España, su cultivo ha descendido en los últimos años, tanto en habas secas como de verdeo, a pesar de haberse conseguido modalidades de tanto éxito gastronómico como las habas *baby*⁷ y de haberse resuelto los principales problemas del cultivo. Sea como fuere, en cultivo *de verdeo* se sembraron en España unas 5.000 ha, prácticamente todas en regadío al aire libre salvo pequeñas superficies en secano (testimonial en secano húmedo, unas 300 ha en secano estricto en Andalucía), con una producción de algo más de 45.000 t y rendimiento medio de 9 t/ha en regadío y unas 4 t/ha en secano andaluz (5 en el húmedo del Norte). La mayor superficie en regadío fue la andaluza (con casi 2.000 ha) seguida de la navarra (unas 1.000 ha). Los mayores rendimientos se registraron en Murcia y Valencia, respectivamente con 15 y 11 t/ha. La superficie cayó desde principios de siglo (algo menos de ocho mil en 2001), aunque registró un aumento a mediados del decenio hasta alcanzar las nueve mil. Una de las causas, además del más que probable desconocimiento de que existen variedades perfectamente adaptadas a la agricultura moderna, es el destino en Andalucía del producto de verde casi exclusivamente al consumo en fresco en mercados locales y en autoconsumo y muy poco a la industria agroalimentaria⁸.

La superficie mundial de haba de verdeo se mantiene en aproximadamente 200.000 ha (un 5-6 % de la superficie total, dedicada en su mayor parte a grano seco). Los mayores productores son Argelia, China y Marruecos, que sobrepasan las 100.000 t. Producciones y superficies son, en este cultivo, aun de más difícil estimación que en judías y guisantes por la mayor proporción de autoconsumo y de mercados locales.

5. La conservación de la variedad

Es necesario dedicarle unas líneas a la ya mencionada necesidad de realizar una correcta *selección conservadora* para el mantenimiento de las caracterís-

⁷ Se le debieron a la iniciativa de la empresa Mata, de Alcaudete (Jaén).

⁸ Para la campaña 2015-2016 se estima un *aumento* de más del 50 %de la superficie total de habas en España debido, como es uso y costumbre, a las subvenciones previstas en la nueva PAC.

ticas varietales de cualquier cultivo. Se suele pasar por alto en España, pero es una labor fundamental para garantizar la homogeneidad de lo que se cultiva y recolecta, tanto en el año de siembra como a lo largo del tiempo. No hay otra manera de garantizar que la variedad cuya semilla unos venden, otros siembran y cultivan y otros, finalmente, compran para la industria. Además, no es una labor ni difícil ni costosa; no hay más que seguir el protocolo de conservación que, en cada caso, debe acompañar a la inscripción en el registro y que debe realizarse por los técnicos de la casa productora que detente los derechos de propiedad de la variedad. Aquí solo se da una breve explicación.

Haciendo uso del llamado *privilegio del agricultor*, este puede, mientras la legislación lo permita, reservar parte de la cosecha *para su propio uso* en la siembra siguiente. Es algo que puede hacer con judías y guisantes, cuyas variedades *deben ser* líneas puras totalmente homogéneas genéticamente, que mantendrán sus caracteres en generaciones sucesivas. Sin embargo, es inevitable la aparición de mutaciones espontáneas, de mezclas involuntarias y de otras muchas circunstancias (la variedad, por ejemplo, puede no ser totalmente «pura») que hacen que la variedad *degenere* al cabo de algunos años. Lo aconsejable es, siempre, adquirir cada año semilla certificada (un auténtico contrato de seguro) en una casa comercial de garantía.

En el caso de las plantas autóгамas, la judía y el guisante en nuestro caso, cuyas variedades, hay que repetirlo, *deben ser* líneas puras, el sistema de conservación es bien simple: se toma un cierto número de plantas (se suele fijar en 200), se siembran surcos el año siguiente, se eliminan los fuera de tipo y se mezclan los demás para iniciar el proceso de multiplicación y de certificación. Es mejor aún hacerlo reservando parte de la semilla de cada una de aquellas 200 plantas, desechar las reservas correspondientes a los surcos fuera de tipo y mezclar las demás.

Las habas, salvo en el caso de que fueran líneas puras para ambiente protegido, en cuyo caso bastaría multiplicarlas en jaulones a prueba de insectos, necesitan de una operación intercalada en ese proceso dada la fecundación cruzada existente. En el caso usual de variedades para siembra en campo abierto (y huerta) el método es igual que en el caso anterior, pero tras desechar las reservas correspondientes a los surcos fuera de tipo (de los que habrá bastantes más que en el caso anterior) y mezclar las semillas de las restantes o, mejor, las reservas de las plantas madre, dicha mezcla ha de multiplicarse en condiciones de ausencia de insectos polinizadores, bien en jaulones con malla a prueba de

abejas o en aislamiento en campo para evitar la llegada de polen extraño; es así, en aislamiento, como se debe multiplicar a partir de ese momento. Téngase en cuenta que, al aumentar la superficie cultivada en las fases sucesivas de producción de semilla certificada, aunque haya polinización cruzada, la mayor parte de ella ocurrirá entre plantas de la misma variedad, con lo que se reduce o elimina el riesgo de pérdida de homogeneidad.

Puede verse la razón de que un agricultor no deba reservar parte de la cosecha, incluso para sí mismo: si siembra una variedad de flor blanca («cero taninos») o una de crecimiento determinado con su ventajosa producción agrupada en el ápice, parte de la semilla que recoja procederá de polen de las parcelas colindantes y, en la campaña siguiente, la aparecerá una mezcla de tipos de flor blanca y coloreada o de crecimiento determinado e indeterminado. En el segundo caso impedirá la recolección mecánica y en todo caso, se perderá la homogeneidad comercial que hoy se requiere. Y si eso sucede con los dos caracteres mencionados, quiere decirse que sucede con todos. Y si tal cosa es mala para el agricultor, mucho peor es para la empresa.

Figura 9. Habas de flor blanca



6. Retos y perspectivas

No hay mayor reto para el futuro que mejorar lo ya existente, pues el nivel es tan alto, sobre todo en judías y guisantes, que es difícil ver cómo se puede avanzar. Producciones y calidades son excelentes, y el paso adelante es incrementarlas por medio de la introducción de resistencias a enfermedades y plagas (la biotecnología es esencial, sobre todo en el caso de plagas) que, además, eliminarían insumos cada vez más costosos y con mayores dificultades de aplicación por sus efectos sobre el medio ambiente.

Asimismo, con la vista puesta en el horizonte 2050, es necesario conseguir variedades eficaces en la extracción de elementos minerales, elevar al máximo la eficacia en la simbiosis con los rizobios fijadores de nitrógeno, conseguir mayor tolerancia a temperaturas límite (abarataría energéticamente el cultivo) y mayor tolerancia a condiciones de baja humedad (no a la *sequía*: basta con reducir las necesidades de agua) y de salinidad (no para sembrar en marjales, sino para utilizar aguas amargas).

Para las habas, que en España tienen, para verdeo, una calidad envidiable, no en vano se han utilizado en programas de mejora de todo el mundo, hace falta un objetivo previo: mostrar que en la actualidad los problemas tradicionales, incluso la recolección, están solucionados. En esa situación estaban las judías a principios y los guisantes a mediados del siglo XX. Es de esperar que, estando a principios del XXI, su pariente cercano siga su mismo camino.

Referencias bibliográficas

- CUBERO, J. I. (2013) (3ª edición): «Conservación, registro y protección de variedades»; *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*. Madrid. Mundi-Prensa.
- DE RON, A., ed. (2015): *Grain legumes*. Springer, Nueva York.
- MATEO BOX, J. M. (1961): *Leguminosas de grano*. Salvat Editores. Barcelona-Madrid. Posiblemente agotado, pero aún interesante para conocer el «estado del arte» a mediados del XX.
- NADAL, S.; MORENO, M.T. y CUBERO, J. I. (2004): *Las leguminosas grano en la agricultura moderna*. Madrid. Mundi-Prensa.

- NORTON, G.; BLISS, F. A. y BRESSANI, R. (1985): «Biochemical and nutritional attributes of grain legumes» en Summerfield, R. J. y Roberts, E. H., eds.: *Grain Legumes Crops*. Londres.
- PÉREZ DE LA VEGA, M.; TORRES, A. M.; CUBERO, J. I. y KOLE, C., eds. (2012): *Genetics, Genomics and Breeding of Cool Season Grain Legumes*. CRC Press, Enfield, N.H., EEUU.
- SINGH, R. J. y JAUHAR, P. P., eds. (2005): *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement Grain Legumes. Series II- Grain Legumes*. CRC, Boca Raton, FL, EEUU.
- SOCÍAS, R.; RUBIO-CABETAS, M. J.; GARCÉS, A.; MALLOR, C. y ÁLVAREZ, J. M., eds. (2014): *La obtención de variedades: desde la mejora clásica hasta la mejora genética molecular*. Zaragoza, CITA/SECH/SEG.
- SPRENT, J. I. y MINCHIN, F. R. (1985): *Rhizobium, nodulation and nitrogen fixation*. en SUMMERFIELD, R. J. y ROBERTS, E. H., eds.: *Grain Legume Crops*. Londres.