



Ensayo de campo de variedades de Lechuga bajo malla en el Centro de evaluación de variedades del INIA de Poble Nou (Valencia). A pesar de la inestimable ayuda que han supuesto las nuevas tecnologías en la obtención de variedades, sigue siendo fundamental el ojo experto de los técnicos en el cultivo para poder seleccionar el material adecuado en cada fase del programa de mejora.

OBTENCIÓN DE VARIEDADES

La mejora vegetal en hortícolas

Francisco Edo Navarrete
Ingeniero Agrónomo
Centro de evaluación de variedades del INIA en Valencia

Aunque de forma tradicional los horticultores guardaban su propia semilla, o en todo caso la distribuían en una zona reducida, la aparición de los híbridos en la década de los 60 hizo proliferar empresas de semillas más profesionales dedicadas a la producción, pero también a la investigación y la mejora de variedades. La obtención de nuevas variedades se ha convertido en una actividad altamente especializada, que demanda elevadas inversiones, y que requiere amplios periodos de tiempo y equipos humanos especialmente cualificados para su realización.

El valor añadido que se obtiene de la semilla, ha propiciado que éste sea un sector estratégico, muy atractivo para las grandes multinacionales. Así en los últimos 20 años, el panorama de las empresas de semillas ha cambiado sustancialmente, pasando de pequeñas empresas familiares a grandes multinacionales con una gran inversión en tecnología.

IMPORTANCIA DE LA MEJORA VEGETAL EN LA HORTICULTURA INTENSIVA

La horticultura tiene una serie de particularidades por las que la mejora alcanza una especial relevancia. La horticultura en general y la intensiva en particular se ha revelado como una actividad rentable con perspectivas de futuro, frente a otras actividades agrícolas sostenidas

gracias a la intervención oficial. La cantidad de semilla utilizada es mucho menor, lo que permite que el agricultor pueda pagar precios más elevados por ella. Este elevado precio de la semilla permite a las empresas de semillas obtener beneficios importantes, por lo que dedican muchos más recursos a la mejora de nuevas variedades. Las pequeñas cantidades utilizadas y el elevado precio hacen posible sistemas de producción de semillas como la hibridación manual, impensable en los cultivos extensivos, y que favorecen la comercialización de variedades híbridas. Todas estas características hacen que el desarrollo de la mejora vegetal en las especies hortícolas haya sido muy importante en los últimos años.

A la hora de obtener una variedad, el mejorador debe tener en cuenta las demandas de los dife-

rentes sectores que participan en su éxito comercial, es decir agricultor, comerciante, consumidor final y la empresa de semillas que comercializa la variedad.

►El agricultor

Demanda en general variedades productivas, bien adaptadas a condiciones de cultivo específicas, que en el caso de la horticultura pueden ser muy variables. Pero la característica más demandada por el agricultor es la resistencia a enfermedades. Para los agricultores, es crucial disponer de variedades que re-

mejora que no tengan entre sus objetivos la introducción de genes de resistencia.

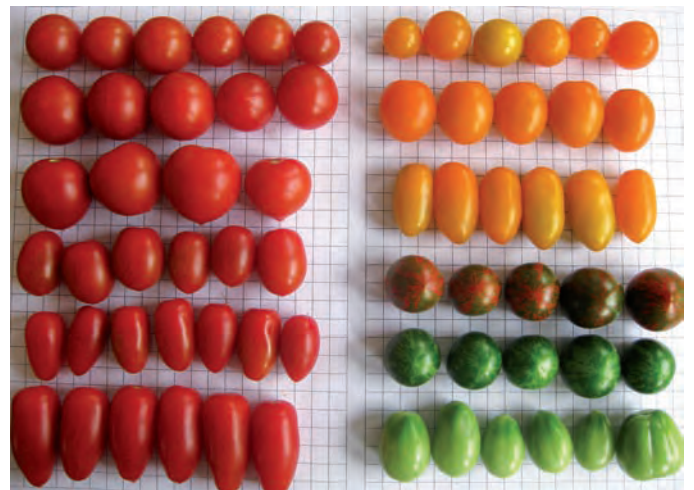
En la **Tabla 1** figuran las enfermedades de las principales especies hortícolas, cuyas resistencias están introducidas con éxito en variedades comerciales, y de las que se han descrito protocolos para su evaluación por parte de la OCVV (Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales).

Como vemos, en el caso del tomate hay 15 enfermedades con resistencias, que si tenemos en cuenta las diferentes razas o patotipos son 24 resistencias que pueden introducirse en una

// LA CANTIDAD DE SEMILLA UTILIZADA EN HORTICULTURA ES MENOR, LO QUE PERMITE QUE EL AGRICULTOR PUEDA PAGAR PRECIOS MÁS ELEVADOS POR ELLA //

sistan a enfermedades sin tener que recurrir a la protección mediante productos químicos. La obtención de variedades resistentes a plagas y enfermedades se ha convertido en objetivo imprescindible en la inmensa mayoría de las especies hortícolas, hasta el punto de que en algunos casos, ante la aparición de una nueva enfermedad, se paralizan todos los programas de

variedad. Mención especial merece el caso de la Bremia en lechuga, en la que debido a la facilidad para mutar del hongo, ya hay variedades que introducen genes de resistencia a 26 razas distintas. Estos ejemplos nos dan una idea de la agilidad de los mejoradores para conseguir nuevas fuentes de resistencia e introducir las en las variedades de éxito comercial.



Variedades comerciales de tomate con formas y colores diferentes. Los gustos de los consumidores están cambiando. En ocasiones, el mercado demanda productos hortícolas con características muy especiales que dan un aspecto exótico a nuestros platos.

►El comerciante

Suele exigir una buena conservación de los frutos, y una buena capacidad para manipularlos sin que aparentemente pierdan calidad, permitiendo comercializar los productos hortícolas en zonas muy lejanas del lugar de producción (no es raro poder consumir en pleno invierno melones procedentes de Sudamérica, o sandías del sur de África).

Por otra parte, las nuevas formas de presentación de los productos requieren a veces caracte-

terísticas especiales de las variedades, como los tomates adaptados a la recolección en rama, las sandías “minis” encajadas de forma individual, los pimientos con formas determinadas para empaquetado en grupo, las lechugas adaptadas a la siega para comercializar en bolsas de cuarta gama, etc.

►El consumidor final

Suele demandar una buena calidad del producto final. Pero la calidad es muy relativa según el tipo de consumidor que la evalúe.

En algunos casos se demandan características morfológicas exóticas (formas, colores, texturas, etc.), así, es frecuente encontrar tomates amarillos, naranjas marrones, cebrinos, etc, pimientos que se comercializan en bolsas de cuatro colores, lechugas con diferentes texturas y formas de hoja, sandías sin semillas, amarillas, naranjas, etc. Existe también una demanda creciente de productos con buen sabor que recuerden las hortalizas tradicionales.

Las nuevas formas de vida de los consumidores han propiciado la demanda de productos hortícolas cada vez más elabora-

TABLA 1 / Resistencias a plagas y enfermedades introducidas mediante mejora genética reconocidas en los protocolos de la OCVV

ESPECIE	HONGOS	VIRUS	BACTERIAS	OTROS
Tomate	Verticillium, Fusarium o.l. (3 razas), <i>Fusarium radialis</i> , Cladosporium (6 razas), Phytophthora, Pyrenochaeta, Stemphylium, <i>Leveillula taurina</i> , <i>Oidium lycopersicum</i>	ToMV (3 patotipos) (Mosaico del tomate), TYLCV (cucharate), TSWV (bronceado)	<i>Pseudomonas syringae</i> , <i>Ralstonia solanacearum</i>	<i>Meloidogyne incognita</i> (Nemátodos)
Lechuga	Bremia Lactucae (15 aislados)	LMV (Mosaico de la lechuga)		<i>Nasonovia ribisnigri</i> (pulgón)
Pimiento	<i>Phytophthora capsici</i>	Tobamovirus (3 patotipos), PV4 (3 patotipos), CMV, TSWV (bronceado)		
Pepino	Cladosporium, <i>Podosphaera xanthii</i> (Oidio), <i>Pseudoperonospora cubensis</i> (Mildiu), <i>Corynespora</i>	CMV, CV4V (venas amarillas), C4DSV (amarilleo), ZYMV	<i>Xantomonas campestris</i>	
Melón	<i>Fusarium oxysporum melonis</i> (4 razas), <i>Sphaeroteca fuliginea</i> (3 razas), <i>Erysiphe cichoracearum</i>	ZYMV, PRSV, MNSV (cribado), CMV		<i>Aphis gossypii</i> (pulgón)

dos. Hoy existe un mercado importante de productos envasados en atmósfera controlada, desde las ensaladas con mezclas de distintas variedades de especies de hoja, hasta la aparición de sandías y melones en cubos troceados para consumir directamente. Estas formas de consumo requieren variedades con características especiales, más resistentes a la oxidación y con texturas aptas para el corte.

La industria tiene un papel importante en algunas especies hortícolas como espinacas o guisantes congelados, tomates frito, en cubos o *ketchup*, cebolla para deshidratado, alcachofas o pimientos en conserva, etc. En este caso, la propia industria demanda características especiales de las variedades para que se adapten bien al proceso de industrialización, o con una elevada concentración de determinadas sustancias, como los tomates ricos en licopeno o en beta-caroteno.

► La empresa de semillas

La compañía de semillas que comercializa la variedad obtenida también busca una serie de características especiales. Es importante que la producción de la semilla sea fácil y económica. En el caso de los híbridos es importante, en muchas especies, introducir genes de androesterilidad, de ésta forma se puede producir la semilla sin recurrir a la hibridación manual. Este es el caso de cebolla o zanahoria, donde sin la androesterilidad sería imposible producir híbridos. En otros casos interesa mejorar la germinación, como es el caso de la alcachofa, o la morfología de la semilla para que se adapte bien al proceso de pildorado.

Con mucha frecuencia, los intereses de cada uno de los agentes implicados están enfrentados, por ejemplo los genes de larga vida en tomate generalmente confieren unas características organolépticas peores, o las

// LA OBTENCIÓN DE VARIEDADES RESISTENTES A PLAGAS Y ENFERMEDADES SE HA CONVERTIDO EN OBJETIVO IMPRESCINDIBLE EN LA INMENSA MAYORÍA DE LAS ESPECIES HORTÍCOLAS //

variedades resistentes son menos productivas. Es misión de la empresa de semillas buscar el equilibrio, decidir cuáles son las características deseadas y diseñar un programa de mejora que nos permita obtener una variedad con éxito comercial.

NUEVAS TÉCNICAS DE MEJORA

Lo que se conoce como hortícolas son un grupo muy heterogéneo de especies, con unos sistemas reproductivos muy diversos. Según la especie de la que estemos hablando, los métodos de mejora serán distintos, con una problemática especial en cada uno de los casos.

Las técnicas utilizadas en la mejora convencional, son muy útiles para obtener nuevas variedades, pero necesitan tiempo, se necesitan varias generaciones para conseguir la transferencia adecuada de un trozo de información genética (gen) de un individuo donante a la variedad donde nos interesa introducirlo.

El sector de la horticultura intensiva demanda una gran rapidez y agilidad a la hora de resolver los problemas con los que se encuentra, por lo que muchos de los métodos de mejora que técnicamente resolverían el problema, no pueden utilizarse en la práctica.

La mejora genética de hortícolas, está experimentando en la actualidad una revolución como consecuencia de la aparición de nuevas tecnologías. Algunas de éstas técnicas son:

► Utilización de marcadores moleculares

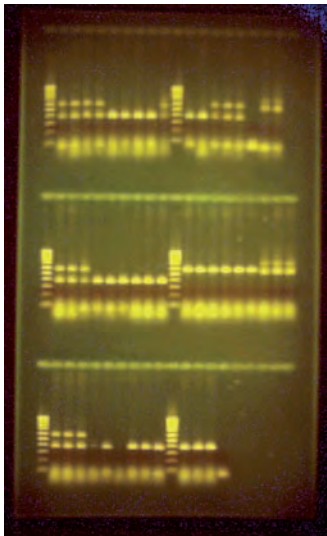
El uso de marcadores de ADN está ampliamente extendido en la mejora de hortícolas y es un procedimiento cotidiano de trabajo en cualquier programa. Veamos un ejemplo de su utilización práctica. Algunas técnicas básicas, como la introducción de genes de resistencia por retrocruzamiento, que técnicamente son sencillas, se ven dificultadas por la necesidad de esperar a

EVOLUCIÓN DE LOS MÉTODOS DE MEJORA

- En sus comienzos, la mejora vegetal estuvo basada en distintos sistemas de selección o en la mutagénesis natural, donde el agricultor elegía las plantas cuyos fenotipos eran favorables, sin intervenir en el proceso sexual de reproducción.
- El redescubrimiento de las leyes de Mendel en 1900 permitió el desarrollo espectacular de la mejora genética, introduciendo el uso consciente de la reproducción sexual mediante el cruzamiento o hibridación. Estos sistemas permitieron recombinaciones genéticas por vía sexual que dan lugar a nuevos genotipos, donde luego son aplicados los métodos de selección.
- La combinación de la selección, cruzamiento, mutagénesis, etc., es lo que hoy denominamos mejora tradicional o convencional, aunque algunas de las técnicas se han puesto a punto en épocas recientes. Podríamos decir que con la mejora tradicional conseguimos transferir material genético entre variedades de la misma especie, formando así nuevas combinaciones inexistentes hasta entonces en la naturaleza.
- Un hecho que marcó el desarrollo de la mejora vegetal fue el descubrimiento de la heterosis o vigor híbrido. Con la aparición de los híbridos comerciales se consiguieron variedades de una gran calidad, muy productivas y con una alta homogeneidad. Además, los híbridos tienen una "patente" interna que pone al productor a salvo de la piratería, puesto que el híbrido obliga a adquirir la semilla cada año. Las especies en que los híbridos son viables técnicamente (tomate, pimiento, pepino, melón, etc.) es, prácticamente, la única forma de comercialización de las nuevas variedades.

Finca experimental del Centro de evaluación de variedades del INIA en Poble Nou (Valencia). El papel del sector público es fundamental en la transferencia de tecnología, apoyo a la investigación del sector privado y control de la calidad de la semilla





Gel de agarosa para evaluar la presencia del gen Mi, que confiere la resistencia a nemátodos en tomate, realizada por el laboratorio de técnicas biomoleculares (DTEVL) de la estación de ensayos de semillas del INIA (Madrid). Las nuevas tecnologías, como el cultivo de tejidos o los marcadores moleculares, han puesto en manos de los mejoradores poderosas herramientas para obtener nuevas variedades, acortando sustancialmente los plazos para localizar e introducir los genes deseados.

que la descendencia exprese la enfermedad, y entonces seleccionar las plantas resistentes. Con la detección del gen de resistencia mediante marcadores moleculares, podemos saber qué plantas son resistentes sin destruirlas, por lo que además de la rapidez del método, podemos cultivar esas mismas plantas en la siguiente generación.

► Cultivo de tejidos

Las técnicas de cultivo *in vitro* de tejidos tienen aplicaciones muy diversas en la mejora de algunas especies hortícolas. El llamado rescate de embriones se ha utilizado con éxito en la producción de híbridos interespecíficos. En el caso del tomate diver-

sos híbridos entre *L.licopersicum* x *L.hirsutum* han triunfado como porta injertos a nivel comercial. Aunque hay otros muchos ejemplos en los que éstas técnicas han conseguido éxitos notables, ha sido en el cultivo de anteras donde ha tenido una mayor repercusión práctica. El cultivo de anteras se utiliza para conseguir haploides, luego bastará con obtener los dobles haploides por duplicación cromosómica para disponer de una línea pura totalmente homocigótica. La importancia de la técnica reside en que en un solo paso, sin cruzamientos ni autofecundaciones, se obtiene una línea pura que se puede utilizar en la obtención de un híbrido, proceso que con el método tradicional tardaría siete u ocho generaciones. Cierto es que de este modo se trabaja a ciegas, es decir, se obtienen miles de líneas puras distintas que es necesario evaluar, por eso, esta técnica suele utilizarse asociada a los marcadores moleculares, que permiten evaluar miles de líneas en poco tiempo. Es una técnica que ya se está utilizando de forma habitual en algunas especies como el pimiento.

Todas estas técnicas, junto con el avance general de la tecnología (informática, comunicaciones, manejo de la información, etc.), han hecho que la forma de trabajar de los mejoradores haya cambiado de forma sustancial en los últimos años. La estrategia de las empresas a la hora de afrontar los programas de mejora también ha cambiado, así, la figura del mejorador tradicional está desapareciendo. La aplicación de todas las tecnologías necesarias requiere el apoyo de

varios equipos especializados, por lo que deben trabajar en equipo diferentes departamentos técnicos, mejoradores, biotecnólogos, patólogos, etc.

EVOLUCIÓN DEL SECTOR PRIVADO DE LA OBTENCIÓN DE VARIEDADES DE HORTÍCOLAS EN ESPAÑA

El cambio cualitativo que acabamos de comentar en los métodos de mejora, ha propiciado un cambio cuantitativo en el sector de la obtención de variedades desde dos puntos de vista. Por un lado, el aumento del número de variedades en el mercado. Tengamos en cuenta que en la actualidad, la vida comercial de una variedad es, generalmente, muy corta, no llegando de media a los dos años. Salvo algunas notables excepciones, las empresas de semillas sustituyen sus propias variedades casi todos los años. En España se han solicitado al registro de variedades comerciales desde el año 2000 1.652 variedades de especies hortícolas: 495 variedades de tomate, 362 de pimiento, 179 de lechuga o 170 de melón. Las colecciones de variedades comerciales del catálogo común europeo son muy numerosas, hay registradas 20.047 variedades de 68 especies hortícolas, de las cuales 3.113 son variedades de tomate, 2.075 de lechuga o 1.801 de pimiento. Estas cifras nos dan una idea de la actividad que existe en la mejora de especies hortícolas.

Por otro lado, se ha detectado un aumento del número de empresas que realizan actividades de mejora en hortícolas. Los nuevos métodos de mejora ha-

cen posible conseguir un material genético de calidad para comenzar un programa de mejora, con garantías de éxito, y en un tiempo más reducido que con los tradicionales. Así en los últimos años están apareciendo nuevas empresas de semillas, y equipos técnicos independientes que venden material genético a otras empresas, o que realizan proyectos de mejora por encargo.

Todos estos cambios han producido una evolución del sector obtentor de variedades en España. Hace algunos años, las grandes empresas de semillas hortícolas a nivel internacional tenían una presencia meramente comercial en nuestro país. Las instalaciones eran campos de cultivo donde se realizaban las selecciones de las variedades que mejor se adaptaban a nuestras condiciones, aunque estas hubieran sido obtenidas fuera de nuestras fronteras. En la actualidad, todas las grandes empresas del sector están representadas en nuestro país, con personal altamente cualificado, y con instalaciones muy completas dedicadas a investigación y mejora.

Hoy se realiza aquí la mejora directa de muchas variedades destinadas al mercado español, pero también de muchas destinadas a los países de influencia mediterránea. No es raro ver en las instalaciones españolas de las principales empresas de semillas programas de mejora destinados a Turquía, Marruecos o Grecia.

El cambio de actitud de las grandes empresas multinacionales y el desarrollo tecnológico de algunas empresas españolas, ha propiciado que el sector privado de la investigación en semillas hortícolas español sea uno de los más importantes del mundo. Esto nos ha convertido en un país exportador de tecnología e investigación.



EL PAPEL DEL SECTOR PÚBLICO EN LA OBTENCIÓN DE VARIEDADES

El sector público ha reducido paulatinamente su importancia en la obtención de variedades, pero tiene un papel fundamental en el apoyo a la investigación privada, en la transferencia de tecnología a los agricultores y a los obtentores, y en el control de la calidad de la semilla.

Las empresas de semillas intentan proteger sus obtenciones para poder explotarlas en exclusiva durante un largo periodo de tiempo, recuperando así las inversiones iniciales necesarias para obtenerlas. En la actualidad, existe un sistema de protección del derecho de los obtentores de variedades vegetales, las empresas de semillas pueden obtener el título de protección vegetal, que garantiza sus derechos y la exclusividad de su explotación durante 25 años.

Así, la OEVV (Oficina Española de Variedades Vegetales) del M.A.R.M., a través de los centros de ensayos del INIA proporciona los servicios necesarios para incluir las variedades tanto en el catálogo común de variedades comerciales, como para en la concesión de títulos de protección vegetal. Estos procedimientos de registro ayudan a que el beneficio económico de la venta de variedades, revierta en los propios obtentores en detrimento de plagiadores. Esta garantía de recuperar el dinero invertido, anima, sin lugar a dudas, a continuar invirtiendo en investigación y nuevas tecnologías.

Por otro lado, la Administración puede poner a disposición de las empresas de semillas emergentes distintas tecnologías, difíciles de obtener de forma individual. La Dirección Técnica de Evaluación de Variedades y Laboratorio del INIA ha participado, junto a otros países europeos, en un proyecto cuyo objetivo era poner a punto la técnica para evaluar cinco resistencias a enfermedades del tomate mediante mar-



Invernadero de patología para el testado de resistencias del centro de evaluación de variedades del INIA en Alacuás (Valencia). La introducción de genes de resistencia a enfermedades es el objetivo fundamental en la mejora de la mayoría de las especies hortícolas

cadores moleculares. Hoy, esta tecnología está publicada y puesta a la disposición de cualquiera que la quiera utilizar. Este es un claro ejemplo de apoyo a la investigación y transferencia de tecnología, incentivando la mejora por parte de empresas más pequeñas que no pueden realizar investigación de base.

El sector público vela también por los intereses de los agricultores, garantizando que las variedades autorizadas mantengan su identidad, y cumplan con los requisitos de calidad.

UN FUTURO INCIERTO: PATENTES Y TRANSGÉNICOS

La rapidez con que pueden obtenerse nuevas variedades mediante el uso de las nuevas tecnologías, ha propiciado que las empresas de semillas estén buscando un nuevo sistema de protección de la propiedad intelectual, que pueda defender sus obtenciones durante más tiempo que con la obtención del título de protección vegetal. Esta forma de protección son las patentes. En la legislación europea no se permite patentar ge-

nes ni variedades, pero sí se permite patentar los procedimientos de obtención de las mismas. En la actualidad ya hay varias patentes concedidas, como es la del procedimiento de introducción de la resistencia a Nasonovia en lechuga, o la del virus CYSDV en pepino, y diversas solicitudes ante la oficina europea de patentes. Además, la legislación estadounidense es mucho más permisiva con las patentes de genes, por lo que es de esperar que en Europa se avance en esa dirección.

En la legislación de protección de las obtenciones vegetales existe la denominada "exención del mejorador", que permite el uso de las variedades comerciales y protegidas en los programas de mejora, y que en la legislación de patentes no está contemplada. Esto puede suponer que, en un futuro, las empresas más modestas o los mejoradores locales, deban pagar una cantidad importante de derechos a los propietarios de las patentes antes de obtener una nueva variedad. Este nuevo sistema, puede modificar la forma de enfocar los proyectos de mejora por parte de las empresas y la forma de

trabajar de los mejoradores de hortícolas.

Donde las patentes alcanzan una mayor relevancia es en las variedades transgénicas (OGM), recordemos que todas ellas contienen "eventos" (fracción de ADN que contiene el gen más el genoma necesario para introducirlo) sometidos a patente. Las empresas de semillas que comercializan estas variedades OGM, ya están pagando *royalties* a los propietarios de las patentes.

Los transgénicos están ampliamente extendidos en algunas especies como el maíz, la soja, la remolacha, etc., donde ya hay diversas autorizaciones de variedades comerciales transgénicas. En el caso de las hortícolas, aunque técnicamente es posible, no existe ninguna variedad comercial autorizada en Europa declarada como transgénica. Tengamos en cuenta que el rechazo del consumidor a los transgénicos es distinto según cual sea el uso del producto final, se admiten las variedades transgénicas en cultivos textiles, e incluso, aunque con un menor nivel de tolerancia, en los productos destinados a la alimentación animal, pero existe un rechazo casi total a los transgénicos de especies consumidas por el hombre directamente, como es el caso de la mayoría de las hortícolas. Debido al rechazo social que producen los transgénicos, al complicado proceso de autorización, y a la corta vida "media" de las variedades comerciales, las empresas de semillas que mejoran en hortícolas, no están, de momento, interesadas en lanzar al mercado variedades transgénicas. De momento parece que ni el sector obtentor, ni el consumidor final están interesados en la comercialización de variedades transgénicas en especies hortícolas, aunque esta situación puede cambiar en un futuro, puesto que las grandes empresas de biotecnología, propietarias de numerosas patentes, sí que lo están.