

RESISTENCIA A VENTURIA

Quilamapu inició un programa de cruzamientos en manzano para diversificar el germoplasma con resistencia a la enfermedad más común de la especie: *Venturia inaequalis*.

Magdalena Cruz A.
Fitopatología
INIA Quilamapu



Hojas de manzano atacadas por *Venturia inaequalis*. Al emerger las estructuras reproductivas a través de la cutícula, dan origen a manchas aterciopeladas gris verdosas.

La sarna del manzano, causada por el hongo ascomycete *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint., es la enfermedad de mayor importancia en este frutal en Chile y en la mayoría de las regiones del mundo donde se cultiva.

El hongo se presenta en el follaje, penetrando bajo la cutícula de las hojas nuevas. Allí desarrolla un micelio o masa de finos hilos, que al momento de formar estructuras reproductivas rompe los tejidos del hospedero, apareciendo unas características lesiones verde oliváceas, de aspecto aterciopelado. También, ataca brotes y frutos. Estos últimos pueden ser infectados en cualquier estado de desarrollo, resultando con lesiones que los deforman e

Modernas técnicas permiten obtener nuevas variedades en aproximadamente el mismo tiempo que se requiere para una variedad de cereal.

inutilizan para la venta. Un ataque muy severo puede causar la defoliación prematura del árbol, con su consiguiente debilitamiento para la temporada siguiente.

Programa de cruzamientos

El control de la sarna del manzano obliga a efectuar entre 8 y 14 aplicaciones de fungicida en la temporada, con la consiguiente contaminación ambiental, acumulación de residuos en la fruta y aumento de los costos.

Aunque la existencia de fuentes de resistencia a *V. inaequalis* ha conducido a la obtención de variedades inmunes, aún no se tienen variedades resistentes que reúnan, además, las características

Investigaciones tras la Resistencia a Venturia

Las variedades de manzano cultivado (*Malus x domestica*) son prácticamente todas susceptibles a *Venturia inaequalis*. Aunque algunas variedades antiguas de origen europeo presentan cierto grado de resistencia bajo control poligénico (determinado por varios genes menores de efecto cuantitativo), su empleo es difícil para el mejorador. Por ello, fue la resistencia conferida por especies silvestres del género *Malus*, de carácter monogénico (determinado por genes mayores de efecto cualitativo), la que proporcionó el material para un programa de mejoramiento.

En 1944, L. F. Hough puso en evidencia la resistencia de plántulas del manzano silvestre *Malus floribunda* clon 821, controlada por un gen mayor dominante, Vf. Después de minuciosas observaciones a escala mundial, se ha logrado reunir numerosas especies y variedades como fuentes de resistencia mono y poligénica que están a disposición de los mejoradores. Entre las especies con resistencia de herencia simple se ha podido identificar, mediante pruebas de alelismo, cuatro genes independientes, además de Vf: Va, Vb, Vbj y Vr. Un sexto gen, Vm, existente en *Malus micromalus*, ha sido vencido por la raza 5 del patógeno. Los genes más usados en los programas de mejoramiento son Vf y Vr. De hecho, la resistencia codificada por Vf es la que ha dado casi la totalidad de las variedades mejoradas conocidas hasta ahora.

deseadas en cuanto a sabor, firmeza, aroma, contenido de jugo, color y también resistencia al almacenaje. Por otra parte, en el mercado mundial ha aparecido en los últimos años un espectro más amplio de variedades, que compiten ofreciendo novedades en coloración y otras propiedades organolépticas. Las nuevas variedades posible-mente desplazarán a las cultivadas tradicionalmente en Chile, y su uso podría estar sujeto al pago de derechos a los obtentores.

Considerando las ventajas del cultivo del

manzano en Chile -donde no existen otras grandes limitantes sanitarias, como el tizón bacterial, presente en los centros pioneros de mejoramiento en América del Norte, Europa y Nueva Zelanda, y la roya del manzano, en América del Norte-, en el Centro Regional de Investigación Quilamapu se ha iniciado recientemente un programa de cruzamientos en manzano. Su propósito, en una primera etapa, es diversificar el germoplasma disponible con la incorporación de genes de resistencia a *V. inaequalis*. El material obtenido

permitirá continuar, en una segunda etapa, con una selección para calidad de fruto, rendimiento y otros factores, con el fin de obtener variedades de alta calidad e inmunes a la enfermedad. Este programa considera la mantención de una colección *ex situ* de especies y variedades de manzano que sirva para ampliar la base genética de cruzamientos futuros. En la actualidad, en el campo experimental de Quilamapu se cuenta con 43 variedades de manzano, entre uno y ocho años de edad, entre las cuales hay selecciones provenientes de Canadá y Estados Unidos, inmunes a *V. inaequalis* por la presencia del gen Vf, y con distintos niveles de resistencia a oídio (*Podosphaera leucotricha*).

La prolongada fase juvenil del manzano demora la selección y prueba del material obtenido, ya que los árboles podrían ocupar un lugar por cuatro a ocho años, constituyendo una limitante en un programa de mejoramiento. Sin embargo, en el Reino Unido han desarrollado técnicas de selección temprana que disminuyen este problema. Las primeras selecciones para resistencia a *Venturia*, oídio y áfidos se realizan en invernaderos y viveros durante los primeros dos años. Ello es posible porque existe una correlación muy alta entre la resistencia a *Venturia* al estado de plántula y aquella en el árbol adulto, tanto en el follaje como en frutos. Una selección adicional según el hábito de crecimiento y características del follaje, efectuada al segundo año de crecimiento, completa una reducción de la población original de alrededor del 90 por ciento. Las plantas seleccionadas son injertadas en patrones enanizantes, que inducen gran precocidad, fructificando al cuarto o quinto año de su germinación. Evaluaciones para calidad de fruta, rendimiento y resistencia al almacenaje durante dos cosechas permiten una tercera selección de individuos que, injertados sobre un nuevo patrón, serán evaluados durante los cuatro años siguientes. Al término de este período, la mejor selección será propagada sobre



Fruto dañado por la sarna del manzano.

Estrategia de Mejoramiento

Venturia inaequalis está compuesta de cientos de biotipos o razas fisiológicamente diferentes, repartidas en sus hospederos. Con el descubrimiento de resistencia a *Venturia* en *Malus* de diferente origen geográfico, y con el interés en su uso como progenitores en mejoramiento, la información de razas de este patógeno que puedan vencer su resistencia es de gran utilidad. Para facilitar un ordenamiento de esta información se las ha ido identificando numéricamente. Hasta el presente se conocen seis razas.

La aparición de una nueva raza virulenta para la resistencia Vf ha sido una preocupación constante de los mejoradores. Hasta 1980 se pensaba con relativa tranquilidad al respecto, basándose en que durante 40 años de utilización del gen Vf no se había observado ninguna raza del patógeno que lo derrotara. Sin embargo, en 1981 se informó en Moldavia la susceptibilidad del cv. Prima, portador de Vf, lo que fue confirmado en 1993. Afortunadamente, esta situación no significa que la resistencia original del clon 821 de *M. floribunda* haya sido erosionada. Por el contrario, esta resistencia se ha mantenido estable debido, probablemente, a su complejidad. En cambio en las nuevas variedades seleccionadas se habría perdido parte del complejo Vf en los sucesivos

cruzamientos del programa de mejoramiento.

Mientras se estudia los mecanismos de resistencia, los antecedentes conocidos señalan que extensas plantaciones de variedades resistentes portadoras de un mismo gen Vf podrían favorecer la aparición de una nueva raza patogénica del hongo. Por ello, el mejoramiento debe dirigirse a la incorporación de resistencia heredada por un mecanismo independiente del gen Vf, combinando en un mismo genotipo dos fuentes distintas de resistencia, como serían Vf y Vr y también resistencia cuantitativa o poligénica.



Selección para resistencia a *Venturia inaequalis*. Plantas provenientes de cruzamientos después de inoculación artificial en invernadero.

patrones comerciales y evaluada en ensayos regionales. Al cabo de tres años se decide su liberación como una nueva variedad; o sea a doce años de la germinación, un período equivalente al requerido para la obtención de los nuevos cultivares de cereales.

Pero si bien se puede seleccionar un híbrido en el plazo mencionado, para alcanzar un nivel de producción comercial de significancia, se requerirán otros diez años. Por ello, la selección de los progenitores deberá efectuarse estimando las condiciones de la competencia a futuro y explotando las ventajas naturales de que se disponga.

Las causas del éxito

Los programas de mejoramiento para resistencia a venturia o sarna del manzano se iniciaron en los países desarrollados con el objetivo de aumentar la eficiencia de la producción al reducir las aplicaciones de fungicidas. Sin embargo, este objetivo fue ampliamente superado por el impacto de los cultivares resistentes en la obtención de productos libres de residuos químicos, en la protección de la contaminación del suelo, del agua, de la flora y fauna, además del ahorro energético.

En el éxito de dichos programas de mejoramiento han incidido factores adicionales: una planta poseedora de genes de resistencia adquiere una gran ventaja en comparación con un cultivar estándar susceptible. Se produce una selección indirecta para precocidad por el continuo cruzamiento de selecciones que fructifican precozmente. Además, ocurre una selección para resistencia total o parcial a otras enfermedades, y su reconocimiento se facilita porque la resistencia a la sarna permite el crecimiento de las plantas sin aplicaciones de fungicidas. Existe, asimismo, la posibilidad de transferencia de atractivos factores de calidad del fruto. Otro aspecto de gran importancia es la resistencia a varios insectos plaga en algunas selecciones resistentes a *V. inaequalis*. ▲