



*Chile con variedades propias:*

# Mejoramiento Genético de Manzanos en Chile

**Pablo Grau B.**  
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
pgrau@inia.cl  
INIA - Quilamapu



La industria de la fruta, desde la segunda mitad del siglo pasado, ha pasado a constituir una actividad de trascendental importancia en el país, representando no solo un ingreso de + MM US\$ 2.500 al país, sino que un incrementode flujos en la economía representado por oportunidades de empleo y demanda de insumos y servicios, debido a la amplia diversidad de actividades relacionadas con la producción de fruta.

Las exportaciones frutícolas chilenas representan el 49,9% del total de los envíos de fruta fresca de clima templado, desde el hemisferio sur. Chile es el primer exportador del hemisferio sur y ocupa los primeros lugares en varios frutales. El estado de desarrollo en esta actividad, han conformado una industria de clase mundial.

La ubicación geográfica (latitud) y extensión de nuestro país en el hemisferio sur, con climas desérticos cálidos en el norte y mediterráneo húmedo frío en el sur, ha permitido el cultivo de una gran cantidad de especies frutales con muy diferentes requerimientos de horas frío y duración del período activo de crecimiento, entre otros.

Los antecedentes señalados hasta aquí, han sido mencionados en numerosas publicaciones técnicas y de divulgación, de manera que no es novedoso su análisis; sin embargo, en pocas oportunidades se ha mencionado que este desarrollo frutícola ha sido posible gracias a la introducción de cada una de las variedades al país, desde los más diversos países y zonas de producción en el mundo, y que luego de un período de evaluación, se iniciara su producción comercial en huertos privados. Estas variedades introducidas, algunas logradas luego de muchos años de investigación y de alto costo, mientras que otras, producto de la agudeza de un productor o profesor de una universidad que, percibió en una planta aislada en un huerto casero o comercial, un fruto con algún nuevo atributo o carácter interesante y factible de ser comercializado como una nueva variedad.

La facilidad que hemos tenido hasta hoy, en poder acceder a nuevas especies y variedades desde el extranjero, fue el argumento que impidió establecer programas de mejoramiento genético de frutales en el país, por el costo y tiempo que ello implica. En efecto, el período promedio que demora lograr una nueva variedad de manzanos, señalado en una encuesta respondida por las instituciones de países que mantienen programas activos de mejoramiento genético de manzanos, es de veinticinco años. Aunque ello no significa que programas de mejoramiento que tengan 100 años, hayan logrado 4 variedades comerciales exitosas, sino que corresponde al tiempo promedio que requeriría el

lograr una nueva variedad de manzanos. Con estos antecedentes, se puede comprender las razones por las cuales, administradores de recursos económicos destinados a la Investigación, evitaron destinar recursos al mejoramiento genético de frutales.

Sin embargo, hace un par de décadas, la disponibilidad de nuevo material genético, proveniente de países desarrollados, ha mostrado una creciente restricción en su acceso, lo cual se comenzó a evidenciar en el cada vez menor intercambio de material genético entre investigadores de instituciones dedicadas a Investigación/Desarrollo. Las razones que justifican esta situación, corresponde, entre otros, a que en el pasado los programas de mejoramiento formaban parte de las actividades de un profesor de universidad, o bien de un departamento de un instituto sin fines de lucro. Con ello, la nueva variedad era liberada sin restricciones y con libre acceso a otros países. Sin embargo, con las crecientes restricciones presupuestarias que han afectado a todos los países, y por ende a las universidades o instituciones públicas de investigación, los equipos de mejoramiento genético han debido recurrir al concurso de productores privados en el aporte de recursos económicos para ayudar en el financiamiento y mantención de los programas de mejoramiento genético.

Precisamente, con la participación de productores privados en estos programas, las restricciones al acceso de material genético y nuevas variedades se hizo cada vez más evidente, por cuanto éstos consideran un elemento clave el disponer de una nueva variedad de manzano para marcar diferencia en el cada vez más competitivo escenario comercial globalizado de la industria frutícola.

Ante este escenario para el caso específico de la especie manzanos, la industria frutícola de Chile, representada por un grupo importante de empresas exportadoras de fruta, reaccionó de la única manera posible de hacer, consistente en buscar la forma de iniciar un programa de mejoramiento genético de manzano en el país. Para ello se constituyó el Consorcio de la Industria de la Fruta, con el propósito de conformar un grupo de trabajo, quienes recurrieron al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), a través del Centro Regional de Investigaciones Quilamapu, en Chillan. Este Centro ya había adelantado trabajos en esta línea a mediados de la década del 90. Es así que el año 2007 se forma un grupo de trabajo entre el INIA Quilamapu y el Departamento de Postcosecha de la Pontificia Universidad Católica de Chile, logrando adjudicarse un proyecto financiado por Corfo a través de INNOVA CHILE, y cofinanciado por el Consorcio Tecnológico de la Industria Hortofrutícola. El objetivo principal del programa consiste en desarrollar variedades de manzano



con alta calidad comercial de fruto, y como objetivo secundario, es la resistencia a la sarna del manzano (*Venturia inaequalis*), debido a la importancia en Chile que tiene esta enfermedad en cuanto a necesidad de aplicaciones de producto químico para su control. Por otra parte, una variedad de manzana que se pretenda obtener actualmente debiera permanecer en el mercado al menos en los próximos veinte a treinta años, lo que sumado a la creciente preocupación por el consumo de productos sanos y al representar la manzana una imagen como ideotipo de fruto sano, es creciente la preocupación entre los países que desarrollan programas de mejoramiento en esta especie, la obtención de una variedad en la que la carga de productos químicos sea reducida. Por lo anterior, el énfasis se consideró en la resistencia a sarna del manzano en el 20% de los híbridos producidos anualmente en el programa de cruzamientos.

El programa de mejoramiento fue iniciado el año 2009 con un plazo de cinco años de duración, centralizándose en Chillan los trabajos de mejoramiento. En la mayoría de los programas de mejoramiento genético de manzano, la clave es la creación de un genotipo (potencial nueva variedad) que reúna una serie de atributos de calidad previamente definidos, entendido como apariencia visual y atributos de calidad interna, además de mínima presencia, idealmente ausencia de desordenes de cosecha y postcosecha. Una variedad exitosa es aquella que puede capturar un segmento del mercado de una variedad ya presente, y que por presentar al menos un atributo superior, el consumidor decide reemplazarla. Para ello es indispensable contar con material genético (variedades) de diferentes orígenes, debido a que en su pool genético contienen genes muy diversos que pueden aportar atributos diferentes. La condición de Chile de ser un país neto exportador, implica que la gran mayoría de variedades existentes en producción corresponden a variedades exportadas, que constituyen una muestra muy reducida de genes, incluso de acuerdo a sus orígenes genéticos, muy relacionadas entre sí, lo que precisamente no es adecuado al ser considerado como parentales. Por lo anterior, el primer esfuerzo ha estado focalizado a incrementar la base genética, introduciendo genes desde otras latitudes. Se ha logrado introducir polen de variedades comerciales y selecciones avanzadas desde programas de mejoramiento de Estados Unidos y Europa, lo que ha permitido incrementar la reducida base genética existente en el país.

### Tamaño del Programa de Mejoramiento Genético de Manzanos ◀

La magnitud de un programa de mejoramiento genético se mide generalmente por el número de híbridos y de

familias generados al año. Las comparaciones entre programas de mejoramiento sin embargo deben tener en consideración la historia del programa, en cuanto al número de años que tiene el programa de cruza, debido a que un programa en sus inicios produce un número elevado de híbridos debido a que es necesario generar información estratégica respecto al comportamiento de los parentales en diferentes combinaciones. Una vez conocida esta información, y adelantadas las selecciones en los años siguientes, los cruces y combinaciones se van generando con objetivos muy definidos y buscando reunir atributos específicos en un genotipo determinado. El programa de mejoramiento genético de manzanos en ejecución actualmente produce aprox. 13.000 a 15.000 híbridos (seedlings) al año, lo que significa un número aprox. de 10.000 a 12.000 híbridos en parcela de Primera Selección. Este número es elevado, por cuanto significa que anualmente se debe evaluar igual número de frutos y ello implica que la selección/descarte debe ser muy rigurosa, para reducir la permanencia de individuos con atributos menos deseables, y así disminuir el espacio, tiempo y recursos que implica su mantención por una temporada más. En esta etapa, el proceso de selección y descarte debe estar primeramente basado en aspecto visual y secundariamente en sensorial organoléptica. Debido a la gran cantidad de plantas anuales, la densidad en esta etapa es alta, siendo de 6.500 plantas/ha., utilizándose un sistema de doble hilera con el objetivo de aprovechar al máximo el espacio disponible.

Considerando que el programa de resistencia a venturia concentra el 20% de los híbridos generados, aprox. entre 2.600 y 3.000 híbridos son generados anualmente mediante el cruce de al menos un progenitor resistente a venturia. Estos híbridos son sometidos a presión de venturia con el propósito de seleccionar los resistentes previamente determinada su resistencia y descarte de sensibles. Estos híbridos resistentes pasan a formar parte de la parcela de primera selección, pero físicamente separados de los híbridos con objetivo de calidad debido a que no se realiza manejo de protección química contra venturia en adelante, con el propósito de detectar cualquier escape que pudiera ocurrir previamente en la selección de resistencia, y ser eliminados en etapas sucesivas.

Los híbridos del programa de calidad, reciben protección fitosanitaria similar a cualquier huerto comercial.

Luego de tres a cuatro temporadas de evaluación de fruto en los híbridos de la parcela de Primera Selección, las selecciones promisorias que han expresado atributos interesantes de calidad, apariencia y comportamiento adecuado en cuanto a presencia de desordenes de cosecha y postcosecha, son reinjertados en parcela de Segunda Selección. La densidad de plantación



en esta etapa es semi comercial, lo cual permite ya una estimación del comportamiento agronómico, que no fue posible anteriormente debido a la alta densidad de plantación de la etapa anterior.

En esta etapa, las selecciones avanzadas son evaluadas en un número de entre 5 a 10 plantas por selección, y la mayor cantidad de fruta disponible permite un análisis más completo de la condición de la fruta en evaluaciones en cosecha y postcosecha. Finalmente, posterior a esta etapa y o al mismo tiempo de esta etapa, que puede durar cuatro a cinco años, se puede realizar la etapa tercera, que corresponde a la evaluación comercial de las selecciones promisorias en campos de productores, dentro del área de producción nacional. Para ello se eligen cinco a seis productores de las diferentes regiones del país, y se establecen cinco a seis plantas de cada selección avanzada. El manejo agronómico de estas selecciones lo debe realizar el productor, similar al manejo del huerto comercial, excepto, en el caso de selecciones resistentes a venturia, en las cuales no debe realizar aplicaciones de fungicida para el control de venturia.

### Programa de Mejoramiento Genético para Resistencia a Venturia ◀

Una nueva variedad de manzana resistente a venturia podría ser cultivada en todo el área de producción nacional. Por lo anterior era necesario conocer la presencia y presión de venturia dentro del área de producción nacional. Con este propósito se colectaron muestras de venturia desde la región del Libertador Bernardo O'Higgins hasta la región de Los Ríos, las que luego de ser procesadas se realizaron aislaciones monoconidiales con el propósito de obtener una muestra lo más amplia del patógeno presente en el país. Los híbridos obtenidos anualmente, en estado de plántula de tres a cuatro hojas son inoculados con una solución de inóculo proveniente de las muestras colectadas con el propósito de someter al material a una fuerte presión de selección. Luego de quince días, el material es evaluado y clasificado en cuanto a su respuesta a resistencia/tolerancia al patógeno, y descartadas las selecciones tolerantes/sensibles. El material resistente pasa a formar parte de la Parcela de Primera Selección. En adelante, estos híbridos no tienen protección contra venturia, con el propósito de descartar individuos sensibles.

Actualmente, tres selecciones avanzadas resistentes a venturia están siendo evaluadas en siete localidades del país; Molina (Copefrut), Parral (Unifrutti), Villa Alegre (Unifrutti), Chillan (INIA Quilamapu), Traiguén (Frusan), Angol (Frusan) y Valdivia (Lafrut). Las plantas fueron establecidas en la temporada 2010.



► Foto 1. Vista parcial de seedings híbridos de manzano obtenidos en la temporada 2011.



En la temporada 2011 las selecciones de Valdivia y Angol iniciaron la producción de los primeros frutos y en todas las localidades expresaron la resistencia completa a venturia, al ser comparados con árboles vecinos sin protección de fungicida.

Reviste una gran trascendencia en la actualidad, la liberación de una variedad resistente a venturia debido al hecho que la manzana, de acuerdo a lo mencionado por diferentes estudios científicos, se encuentra entre los frutos en que contiene la mayor cantidad de residuos químicos en su piel. Lo anterior, derivado de la necesidad de realizar un elevado número de aplicaciones químicas al huerto para protección de enfermedades fungosas, entre las cuales, la venturia es la que demanda al menos 12 a 18 aplicaciones en Chile. Por lo anterior, una variedad resistente a venturia tiene un valor agregado al estar libre de este número de químicos.

### Valor Nutritivo de la Manzana ◀

El fruto de manzano es muy bajo en calorías, representando solo 50 calorías por 100g de peso fresco. No contiene grasas saturadas o colesterol, es rico en fibras dietéticas, lo cual previene la absorción de colesterol LDL en el hígado. La fibra dietética también ayuda a proteger la mucosa de la membrana del colon a la exposición de sustancias tóxicas, mediante la captura de sustancias químicas que causan cáncer de colon.

La manzana también contiene adecuados niveles de Vitamina-C y Beta Caroteno. La vitamina C es un po-

deroso antioxidante natural. El consumo de alimentos ricos en Vitamina C ayuda al organismo a desarrollar resistencia en contra de agentes infecciosos y limpia el organismo de los perjudiciales, tóxicos y pro-inflamatorios radicales libres. Asimismo, el fruto es rico en Fito nutrientes flavonoides y polifenoles. La cantidad total medida de fuerza anti-oxidante (Valor ORAC) en manzano es de 5900 TE. Los flavonoides más importantes son quercitina, epicatequina y procianidina B2. Las manzanas son también ricas en ácido tartárico que le aporta el sabor al fruto. Este compuesto también ayuda al organismo a proteger del daño de radicales libres.

Además, el fruto de manzano es una buena fuente del complejo de Vitamina B tales como riboflavina, tiamina y piridoxina (vitamina B-6). Estas vitaminas en su conjunto ayudan como cofactores de enzimas en el metabolismo así también en varias funciones de su síntesis dentro del organismo. También contiene pequeñas cantidades de minerales como potasio, fósforo y calcio. El potasio es un componente importante de las células y fluidos del organismo y ayuda a controlar la frecuencia cardíaca y la presión de la sangre, contrarestando el efecto negativo del sodio.

El antiguo dicho en lengua inglesa “An apple a day keep doctor away”, (una manzana al día mantiene lejos al médico), al parecer representa una realidad que tiene mucha validez a la luz de las investigaciones modernas del aporte del consumo de manzanas sobre prevención de enfermedades al ser humano.

► **Tabla 1.** Valor nutricional de la manzana.

1 manzana de (154 g.)		
Calorías	77	
Calorías de grasa	0	0%
Total Grasas	0 g.	0%
Grasas saturadas	0 g.	0%
Colesterol	0 mg.	0%
Sodio	0 mg.	0%
Total de Carbohidratos	22 g.	7%
Dietary Fibra	5 g.	20%
Azúcares	16 g.	
Proteínas	0 g.	
Vitamina A	2%	
Vitamina C	8%	
Calcio	0%	
Hierro	2%	

Fuente: National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion