



PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO DE LOS PROGRAMAS CHILENOS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO FRUTÍCOLA



Más
Vida
Rural

Documento elaborado por el
Comité de Investigación, Desarrollo e Innovación,
de la Comisión Nacional de la Fruta Fresca
Ministerio de Agricultura
Santiago de Chile
Junio 2021



Resumen Ejecutivo

El sector frutícola en Chile se ha desarrollado positivamente, adquiriendo una relevancia significativa para el país, a nivel productivo, económico, y social, situándose como uno de los principales países exportadores de diversas especies frutícolas nivel mundial.

Esta industria se ha sustentado casi exclusivamente en variedades creadas en el extranjero, es decir, desarrolladas bajo condiciones agronómicas y comerciales diferentes a las nacionales, provocando en ocasiones, dificultades para responder adecuadamente a las exigencias y requerimientos productivos y comerciales actuales en los mercados de destino. Chile requiere ampliar su fuente varietal con genética creada para responder a las condiciones que le son propias.

El desarrollo de variedades frutales en Chile es relativamente reciente. El apoyo del Estado ha sido fundamental para la construcción de capacidades en el mejoramiento genético frutal en Chile. Del trabajo de este documento se pudo levantar información que indica que en el país se han creado 17 programas de mejoramiento genético, mediante alianzas público-privadas, logrando en los últimos 15 años, según una encuesta realizada en junio 2020, una inversión total de alrededor de 17.300 millones de pesos, donde 56% proviene de aportes del Estado y 44% de la contraparte (22% son aportes pecuniarios y 22% no pecuniarios). A su vez, estos programas han generado 12 variedades protegidas, 10 de las cuales han sido también protegidas fuera del país. Estas variedades han sido plantadas por alrededor de 780 productores, abarcando una superficie de 1.100 hectáreas en el país, y con una producción acumulada a la fecha de 12 mil toneladas, principalmente para exportación. Lo anterior ha resultado en la instalación de capacidades tanto físicas como humanas, en torno al fitomejoramiento frutícola, con resultados que recién comienzan a verse, quedando un largo camino por recorrer para perfeccionar y consolidar el mejoramiento genético frutícola en Chile.

Sin una continuidad en la inyección de recursos, tanto del sector privado como público, los actuales programas de mejoramiento genético están en serio riesgo de no continuar, debilitando las capacidades humanas, la infraestructura instalada, y la futura provisión de nuevas variedades, o para consolidar los que operan actualmente. El país no puede descapitalizar el enorme esfuerzo que se ha hecho, tanto a nivel público como privado.

Experiencias en el desarrollo de variedades frutícolas en otros países, señalan que el aporte de recursos estatales de largo plazo para el fitomejoramiento es fundamental para la obtención de variedades comerciales exitosas, y para fortalecer las industrias que se desarrollan en torno a esta actividad.

Este documento, junto con dar cuenta de los logros e impactos que el mejoramiento genético frutal ha tenido y puede llegar a representar para el país, expone propuestas para su fortalecimiento, agrupados en cuatro grandes temáticas:

- Promover una iniciativa de **política pública** que permita fortalecer y apoyar la continuidad del esfuerzo de mejoramiento genético frutícola en Chile;
- Contar con **financiamiento** público y privado de largo plazo, para el desarrollo de nuevos programas de mejoramiento genético, así como para la continuidad de programas que están actualmente en ejecución, los cuales, por diversas razones, deben extender sus plazos. En este sentido se debe considerar la identificación del alcance de los proyectos, los objetivos planteados, indicadores de gestión e impacto, y una estrategia de sustentabilidad financiera y de transferencia tecnológica.
- Considerar la **investigación asociada** ex ante y ex post de los programas.
- Habilitar **iniciativas complementarias** de entorno habilitante, con el objeto de crear un ecosistema propicio para el fitomejoramiento.

Contenido

1. Introducción	04
2. Situación Actual y Desafíos de la Industria Frutícola en Chile	05
3. Antecedentes del Mejoramiento Genético Frutal en Chile	08
4. Conceptos del Fitomejoramiento y de su Entorno	10
5. Descripción General de la Estructura Varietal y Existencia de Programas de Mejoramiento Genético en Chile	14
5.1 Situación Varietal en Chile	14
5.2 Situación de los Programas de Mejoramiento Genético en Chile	17
5.3 Encuesta a los Programas de Mejoramiento Genético Frutal en Chile	18
6. Aprendizajes de los Programas de Mejoramiento Genético y Desarrollo de Variedades	24
7. Otras Consideraciones	28
8. Resumen y Conclusiones	32
9. Propuestas	33
10. Bibliografía	36
11. Anexos	37



1.

Introducción

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, dependiente del Ministerio de Agricultura, coordina mesas de trabajo, también denominadas comisiones nacionales, en diversos rubros del sector silvoagropecuario. Estos espacios de trabajo reúnen actores relevantes y representantes de los sectores públicos, privados, la academia, los productores, y la sociedad civil. El objetivo común es levantar problemáticas y en conjunto sugerir soluciones que le permitan a la autoridad diseñar políticas para potenciar los sectores productivos, y desarrollar sin trabas las actividades agrícolas.

En ese contexto, en el año 2019 se crea la Comisión de la Fruta Fresca, donde se generan cuatro comités de trabajo: Mercados y Promoción, Inocuidad y Asuntos Fitosanitarios, Sustentabilidad e Investigación y Desarrollo. En este último comité se han relevado los importantes avances que el país ha logrado en el plano del mejoramiento genético frutal, resultado de esfuerzos públicos y privados, donde CORFO ha tenido un rol fundamental a través de programas específicos para el mejoramiento genético y para los consorcios tecnológicos. Sin embargo, al mismo tiempo, se ha manifestado por el sector privado y academia del citado comité, preocupación por la continuidad y consolidación de este esfuerzo. El nivel de desarrollo de esta actividad en el país ha sido, según se señala en este documento, el resultado de la persistencia, esfuerzo y visión de varios actores del ecosistema de innovación; sin embargo, se requiere ampliar e incorporar más capacidades, públicas y privadas, para convertir ésta, en una iniciativa país. Resulta necesario establecer una política nacional de largo plazo que procure mejorar también la coordinación entre los distintos actores involucrados.

Este documento tiene como objetivo dar cuenta de los logros e impactos que el mejoramiento genético frutal ha tenido y puede llegar a representar para el país y, al mismo tiempo, promover una iniciativa de política pública que permita el fortalecimiento y apoyo para la continuidad del esfuerzo de mejoramiento genético frutícola en Chile. También, se exponen los antecedentes que permiten apoyar la propuesta que se presentará más adelante.

En la elaboración de este documento participaron profesionales representantes de exportadores (ASOEX), de productores (Fedefruta), de los viveros (AGVF), de universidades (Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile) de consorcios tecnológicos (Biofrutales, Consorcio Tecnológico de la Fruta), de la empresa privada (Hortifrut) y de instituciones públicas (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – Odepa, Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA, Corporación de Fomento de la Producción – Corfo, Fundación para la Innovación Agraria – FIA, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Mincinecia). Además, se consultaron documentos realizados por el Ministerio de Agricultura, entre ellos: “Criterios para Priorizar Proyectos Desarrollo Variedades”, “FIA 2014”; “Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena: Resumen ejecutivo de Fruticultura, Consultoría desarrollada para el Gobierno en 2007” y “Estrategia para el Desarrollo de Variedades Vegetales en Chile, Comité de Fitomejoramiento”, coordinado por Gabinete de Agricultura 2009.

2. Situación Actual y Desafíos de la Industria Frutícola en Chile

Chile es un país reconocido a nivel mundial por su actividad silvoagropecuaria y tiene, además, una reputación de país confiable en la comercialización de productos agropecuarios en el extranjero, por su gestión comercial, pero también por la buena calidad e inocuidad de los productos que ofrece. El ranking mundial de exportadores de fruta de Trade Map sitúa a Chile entre los primeros cinco países en la exportación de cerezas, uvas, arándanos, ciruelas, manzanas, kiwis, paltas, clementinas, duraznos y nectarinas, en el ámbito de las frutas frescas; y nueces y avellanas europeas en el ámbito de los frutos secos. En cuanto a la fruta procesada, destacan las conservas de durazno; los deshidratados de manzana, las ciruelas deshidratadas y uvas pasas; los congelados de frambuesa y los jugos de uva, manzana y arándano.

Este liderazgo se explica por varios factores, entre los cuales se podría mencionar los siguientes:

- Chile posee 29 acuerdos comerciales firmados con países y/o bloques económicos de todo el mundo;
 - En nuestro país existen condiciones edafoclimáticas propicias para la producción de muchas especies frutales, especialmente aquellas adaptadas al clima mediterráneo;
 - Se cuenta con una situación geográfica que favorece el resguardo de su condición fitosanitaria, lo que, sumado a una institucionalidad efectiva, le permite acceder a muchos y exigentes mercados;
 - Cuenta con una organización robusta del sector productivo, que trabaja coordinado con el sector público, lo que ha permitido abrir y adecuarse a las demandas de los mercados extranjeros;
 - Su ubicación en el hemisferio sur le permite aprovechar las ventanas de demanda por frutas frescas en contra estación, cuando el hemisferio norte, donde se ubican los mayores mercados de consumo, está desabastecido.
- Como resultado de lo anterior, la actividad económica del sector frutícola ha cobrado relevancia en diferentes áreas:
- A nivel productivo, actualmente Chile registra 344.280 hectáreas¹ plantadas con especies frutales, con actividad prácticamente en todas las regiones del país, con una mayor concentración en la zona central, entre las regiones de Valparaíso y del Maule, que representa 77% de la superficie total nacional.
 - En los últimos 20 años, la superficie frutícola ha aumentado a una tasa media anual de 3,2%, destacando por su mayor crecimiento, los avellanos europeos (40%), los arándanos (24%), los cerezos (13%) y los nogales (9%).
 - La superficie frutícola nacional, con cerca de 60 especies en producción, está principalmente dedicada a la uva de mesa (45.500 ha), el nogal (43.328 ha), el cerezo (39.645 ha), el palto (30.143 ha) y el manzano rojo (26.700 ha), los que en conjunto conforman más del 50% del total de la superficie frutícola.
 - Respecto a las exportaciones, según cifras del catastro frutícola Odepa-Ciren, alrededor del 60% de la producción total de frutas es exportada. Sin embargo, para las principales especies frutícolas antes mencionadas, este valor es mayor y alcanza 80% del volumen total producido.
 - Las exportaciones, según cifras del Servicio Nacional de Aduanas, han experimentado un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, a una tasa media anual en dólares de 7,1% para las frutas frescas, 13% para los frutos secos y 7,5% para las frutas procesadas (aceite, conservas, congelados, deshidratados, jugos).
 - En términos económicos, las cifras del Banco Central informan que en 2018 el PIB nacional alcanzó \$147.809 miles de millones de pesos. La participación del sector silvoagropecuario en la economía total del país promedia 2,9% del PIB, donde la fruticultura es la actividad que

¹ Fuente: Catastro frutícola Odepa-Ciren 2020

más contribuye, representando 33% del valor agregado. Le siguen los cultivos anuales y las hortalizas con 22%, la silvicultura y ganadería con 19% cada una y las actividades de apoyo a la agricultura con un 7%.

- En cuanto a la fuerza de trabajo, la agricultura es una actividad relevante en el mercado laboral del país. La participación de la ocupación agrícola, entre los años 2013 y 2018, se ha mantenido prácticamente invariable en torno a 9,2%. Esto confirma que el sector continúa representando una de las actividades económicas de mayor importancia respecto de la generación de empleo (permanentes y temporales), siendo su contribución aún mayor en zonas rurales.
- Según cifras del catastro frutícola Odepa-Ciren 2019, se estima que el total de trabajadores empleados en el sector frutícola, tanto temporal como permanente, alcanza 571.849 personas, valor que aumentó 28% respecto de 2013, acorde con el desarrollo permanente del sector. De éstos, 85% son trabajadores temporales y 15% son permanentes.

Reconociendo la importancia, el tamaño y el potencial de la industria frutícola, ésta enfrenta desafíos muy importantes, los que conviene atender urgentemente por cuanto podrían afectar seriamente su desempeño futuro. Algunos de ellos son:

- *Mano de obra*: el problema de mano de obra tiene al menos tres dimensiones que observar: costo, disponibilidad y experiencia. No sólo el costo de la mano de obra es cada vez mayor en comparación con los países competidores, sino que su disponibilidad es baja, situación que ha sido en parte aliviada por mano de obra extranjera, pero muchas veces ésta no tiene experiencia en la realización de ciertas labores críticas, como la poda o el arreglo de racimos, entre otras.
- *Cambio climático*: el cambio climático supone varios efectos que impactan la producción, entre los que se encuentran la falta de frío invernal, los cambios en el ciclo de vida de algunas plagas y enfermedades, el aumento en la frecuencia



de heladas, y la ocurrencia de lluvias en épocas inesperadas. Las principales zonas productoras de productos hortofrutícolas en Chile enfrentan, principalmente una creciente escasez hídrica, producto de una disminución de los reservorios de agua, a consecuencia de que cada año se registran menos precipitaciones. Lo anterior está provocando una baja en la productividad, y en otros casos una disminución de las plantaciones de frutales en varias comunas del país.

- *Competidores:* la emergencia de fuertes competidores, como Perú, que tiene mayores ventajas productivas y menores costos de producción en muchos cultivos, debe ser analizada con urgencia. Las ventajas comparativas no pueden seguir sosteniendo la competitividad de esta industria, por lo que se debe fortalecer las ventajas competitivas, como el uso de tecnología, la mayor eficiencia productiva, la agregación de valor a los productos, entre otros factores.
- *Cambios en las preferencias del consumidor:* la exigencia creciente de los mercados en aspectos como la inocuidad alimentaria por menor uso de agroquímicos, aspectos organolépticos como la crocancia de la fruta, nuevos sabores y aromas, ausencia de semillas, las huellas medioambientales y la producción sustentable, entre otros, exigen que la industria sofisticue su matriz productiva con nuevas variedades y mejores formas de cultivo.
- *Nuevos mercados:* el acceso a nuevos mercados, como el de China y del resto de los países asiáticos, supone reconocer sus hábitos de consumo y preferencias particulares. Del mismo modo, varios de estos países tienen cadenas de distribución y logística desafiantes para la fruta fresca, lo que nos obliga a desarrollar nuevas estrategias para mejorar la vida de poscosecha de la fruta.
- *Nuevas tecnologías y variedades:* la oferta mundial de nuevas variedades con maduración más temprano y más tardía, están comprimiendo las "ventanas de contra estación" que ha aprovechado el país; en este mismo sentido, las nuevas tecnologías de poscosecha incrementan este desafío, por cuanto la fruta local del

hemisferio norte se traslapa con la fruta fresca del hemisferio sur.

- *Sistemas productivos más sustentables:* varios países de Europa y en EE.UU. ya están trabajando en programas genéticos que permitan tener sistemas productivos amigables con el medio ambiente, por ejemplo, disminuyendo el uso de pesticidas, como consecuencia de la prohibición del uso de algunas moléculas. Esto ha motivado la incorporación en los programas de mejoramiento, genes de resistencia a enfermedades, incluso en mercados tan tradicionales como el del vino en Francia e Italia, quienes están liberando nuevas variedades.

En este contexto, las medidas para enfrentar estos desafíos son muchas y de naturaleza diversa, donde deben concurrir tanto actores privados como públicos. Atendido el origen de este documento, la mirada se hace desde el aporte que puedan hacer las nuevas variedades desarrolladas en el país y que posiblemente no serán desarrolladas en otros países.

El acceso a nuevas y mejores variedades, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del país, que respondan a los requerimientos productivos y comerciales actuales y que tengan buen comportamiento en poscosecha, cobra especial relevancia en esta etapa del desarrollo de la fruticultura del país.

La industria frutícola nacional históricamente se ha sustentado casi exclusivamente en genética desarrollada en el extranjero. Ésta ha sido y sigue siendo una opción válida, en la medida que las variedades desarrolladas en otros países se adaptan a las necesidades de la industria nacional, tanto a nivel productivo como comercial. Sin embargo, en muchas especies y variedades esta adaptación, cada vez más exigente, ha sido difícil o no se ha logrado, persistiendo la necesidad de dar respuesta a necesidades u oportunidades no atendidas adecuadamente por los programas extranjeros. Fue justamente este el análisis que se hizo, cuando se iniciaron los Programas de Mejoramiento Genético frutal en Chile.

3.

Antecedentes del Mejoramiento Genético Frutal en Chile

Si se parte de la premisa que la introducción de germoplasma al país, incluida la introducción de nuevas variedades, es la primera etapa de todo programa de mejoramiento genético, entonces se puede decir que el mejoramiento genético en Chile se inició en épocas anteriores a la llegada de los conquistadores españoles. En épocas más recientes y con criterio sistemático, entonces el mejoramiento genético se inició con la creación de la Quinta Normal de Agricultura por parte de la Sociedad Nacional de Agricultura en el Siglo XIX. A ello le siguió la creación del Ministerio de Agricultura y de la Universidad de Chile, a inicios del Siglo XX. El foco de esa época estuvo centrado en el mejoramiento genético de cultivos y de plantas forrajeras. En relación con la fruticultura en particular, tal vez el primer esfuerzo lo hizo el Departamento de Viticultura y Enología o el Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura. De esa época data la creación de un banco de germoplasma que existió en la Quinta Normal y que albergó una completa colección de especies y variedades frutícolas. A lo anterior hay que agregar los esfuerzos de particulares, como el Sr. Salvador Izquierdo propietario del Vivero Santa Inés de Nos, quien es, tal vez, el que introdujo el más significativo número de especies y variedades frutícolas al país.

Sin embargo, los programas formales de mejoramiento genético frutícola en Chile se iniciaron mucho más tarde, a fines de la década de los años 1980, cuando el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) dependiente del Ministerio de Agricultura, creó un Programa de Mejoramiento Genético de Uva de Mesa. Unos años más tarde, en la década de los años 1990, la Universidad de Chile, inició un Programa de Mejoramiento Genético de Duraznero y Nectarino.

Posteriormente, en los años 2000, se impulsan proyectos en el ámbito de la biotecnología vegetal, que incluyen trabajos ligados al mejoramiento de especies frutales. La Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica – Conicyt, a través del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) y Corfo a través de Innova Chile, pusieron en marcha el primer programa de

financiamiento en genómica vegetal, denominado "Iniciativa Genoma Chile", financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, el Ministerio de Economía, la Corfo y el Conicyt. De esta iniciativa se realizaron cuatro llamados a concurso, en casi una década y se financió proyectos en vid, nectarino, cerezo y hortalizas, tanto en el área de mejoramiento genético propiamente tal como en genómica. Estos proyectos se desarrollaron en diversas universidades del país y en el INIA, casi todos en asociación con los Consorcios Tecnológicos del área frutícola.

El año 2004 se lanzó la primera convocatoria para la creación de Consorcios Tecnológicos Empresariales de Investigación, iniciativa que fue financiada por el Banco Mundial² y el Gobierno de Chile³ y cuyo objeto principal fue vincular al sector privado con la academia en el desarrollo de proyectos de largo plazo y de alto impacto.

De los cerca de 18 consorcios que se financiaron en esa época, dos de ellos se crearon en 2007 para apoyar el mejoramiento genético frutícola: el Consorcio Biofrutales S.A. y Consorcio Tecnológico de la Fruta. El Consorcio Biofrutales está integrado por 13 socios: cinco universidades, el INIA, la Fundación Chile, Fedefruta y varias empresas privadas y trabaja en mejoramiento genético de uva de mesa, frutales de carozos, cerezo, arándano y manzano. El Consorcio Tecnológico de la Fruta está integrado por 25 socios de la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile (ASOEX), otras 23 empresas exportadoras y productoras de frutas frescas y la Pontificia Universidad Católica de Chile como socio tecnológico, abordando el desarrollo de variedades en uva de mesa, frambueso, manzano, cerezo y frutales de carozos. Desde un inicio estos programas se han desarrollado en asociación con la industria, y la academia, para en conjunto lograr dar respuesta a las necesidades del sector privado.

² Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT), administrado por CONICYT.

³ Convocatorias realizadas por Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

La primera etapa de los consorcios era de cinco años renovables. Luego de una evaluación por parte del Ministerio de Economía, CORFO hizo un nuevo llamado en 2012 para seguir con el apoyo a éstos y nuevos consorcios que se conformarían, por un plazo de 10 años. En este nuevo llamado, 10 fueron los consorcios que se adjudicaron, incluidos los dos frutícolas arriba señalados.

El año 2010, la CORFO apoyó otras iniciativas de investigación y desarrollo de carácter asociativo en los sectores hortofrutícola y acuícola, en respuesta a los lineamientos de las primeras versiones de la Estrategia Nacional de Innovación. Se financian cuatro Programas de Mejoramiento Genético, tres en uva de mesa, cerezos y durazneros, aun en desarrollo, y uno asociado a hortalizas, ya finalizado.

Adicionalmente, en el año 2016, se realiza un nuevo llamado, en este caso a Programas Tecnológicos Estratégicos. Al igual que los consorcios, estos programas buscan abordar brechas y oportunidades de las distintas industrias, generando valor a partir del desarrollo de conocimiento con fines productivos. En esta oportunidad, se realizaron dos convocatorias asociadas a los nuevos desafíos en desarrollo genético y/o adaptación de especies frutales, con las implicancias en el cambio climático. El resultado fue la adjudicación de tres nuevos programas orientados a esta materia, uno liderado por Biofrutales enfocado en la zona centro-norte del país, para las especies nogal, cítrico, cerezo, palto y vid de mesa; el segundo, liderado por la Federación para el Desarrollo Frutícola – FDF, asociado a la zona centro-sur de Chile, y con participación del Consorcio de la Fruta que aborda las especies arándano, frambueso y kiwi; y el tercero formado por la Universidad de Chile, la Universidad de La Frontera, la Universidad Austral, la Universidad de Concepción, el INIA-Carillanca y el Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF), está asociado a la zona sur del país y aborda las especies nogal, cerezo y avellano europeo.

En relación con los programas mencionados en el párrafo anterior, para efectos de este documento, se toma en consideración los subproyectos

relacionados directamente con mejoramiento genético y obtención y registro de nuevas variedades. En particular éstos consideran las especies de vid de mesa, cerezo en la zona norte, y frambueso en la zona sur del país. Algunos de estos programas se enfocan en el mejoramiento genético de portainjertos de avellano europeo, liderado por Inia, y de cerezo, por el CEAF. Los objetivos perseguidos en estos casos es entregar resistencia a enfermedades, aumentar el vigor o reducir tamaño de la planta, ampliar la zona de cultivo, entregar precocidad o retardar la fecha de cosecha, entre varios otros factores, impactando en su rendimiento productivo.

Por último, cabe destacar que estos programas también evalúan el comportamiento de variedades introducidas al país, lo que permite obtener información relevante del material disponible en el país, y de su potencial y respuesta a los distintos modelos de manejo. Estos resultados, muchas veces generados en programas llamados Programas Tecnológicos (PTEC), permiten complementar el trabajo que realizan los programas de mejoramiento genético.



4. Conceptos del Fitomejoramiento y de su Entorno

El mejoramiento genético de plantas o fitomejoramiento es una actividad de I+D de largo plazo, con riesgo tecnológico implícito (biología y cambios medioambientales), que debe además ser capaz de prever necesidades y tendencias de escenarios de futuro. En muchos casos se requiere por lo menos 14 o 16 años para obtener y validar una variedad en frutales mayores y algunos años más para comenzar a generar los primeros ingresos.

De acuerdo con la información de los consorcios, un programa de mejoramiento genético comienza a generar ingresos a los 16 o 17 años desde su inicio, momento en que se inician las primeras ventas de nuevas variedades y sus frutas. Sin embargo, la recuperación total de la inversión recién ocurre después de, al menos, 30 o 35 años.

Existen distintas técnicas de mejoramiento genético: hibridación y selección, mutagénesis inducida, transgenia, edición génica, entre otras. Todas ellas comparten básicamente las mismas etapas, pero pueden cambiar en cuanto a los tiempos de duración de cada una. La técnica a utilizar depende de la especie, de los objetivos que se persigan y los aspectos regulatorios que cada una de ellas conlleva.

El desarrollo de nuevas variedades es un proceso continuo y, en teoría, de carácter permanente. El método más usado es hibridación y selección en el cual cada año se realizan nuevos cruzamientos que generan una nueva población segregante. La selección de los progenitores es una etapa crítica, tanto el número de segregantes a generar por cada cruzamiento como el número de cruzamientos a realizar por ciclo de mejoramiento (cada año), son determinantes del éxito del programa. Una vez que se obtiene la primera variedad, los programas entran en régimen y pueden generar nuevas variedades regularmente cada 3 o 4 años.

Los programas, según la especie y técnica de mejoramiento utilizada, consideran distintas etapas, nombres y tiempos para cada una. Con el objeto de proponer un lenguaje común, en la Figura 1 se describen las etapas y los tiempos promedio para la

creación y transferencia de una nueva variedad. Se consideraron tres etapas generales, tomando como referencia el proceso de mejoramiento genético convencional:

- **Cruzamientos y Selección:** Es la etapa donde se genera diversidad genética y se seleccionan los individuos acordes al objetivo del programa. Esta etapa se divide en tres sub-etapas que ocurren en paralelo.

- **Sub-Etapa Selección 1 – Segregantes:** Cada año se realizan cruzamientos (polinización cruzada entre parentales elites) los que generan una población de nuevos individuos (segregantes). Estos segregantes son llevados a campo y evaluados por dos o tres temporadas. En el caso de frutales se debe superar la juvenilidad para la primera producción, lo que ocurre a los 2 o 3 años desde la plantación, pudiendo tomar entre 5 a 7 años desde el cruzamiento. No más del 1% al 2% de estos individuos son seleccionados.

- **Sub-Etapa Selección 2 – Intermedio:** en esta subetapa cada uno de los individuos seleccionados se propaga vegetativamente entre 4 o 10 réplicas. En esta etapa se evalúa la estabilidad de los rasgos y se caracteriza su comportamiento tanto en precosecha como en poscosecha bajo manejos agronómicos estándar, poniendo especial atención a la aparición de defectos. Luego de dos a tres temporadas de evaluación, los individuos promisorios, son promovido a la siguiente sub-etapa, con una tasa de selección mayor a la sub-etapa anterior.

- **Sub-etapa Selección 3 – Avanzadas:** en esta subetapa los individuos seleccionados de la etapa anterior son nuevamente propagados vegetativamente entre 100 a 200 réplicas, establecidos sobre más de un portainjerto y se evalúan en más de una zona de cultivo. En esta etapa se confeccionan los primeros paquetes de manejo específicos. Cuando se habla de programas de mejoramiento genético, por lo general se refieren a esta etapa de Cruzamientos y Selección.

- **Escalamiento Piloto:** Es la etapa donde se evalúa la aptitud comercial de las selecciones. En esta etapa, las selecciones avanzadas de la etapa anterior son llevadas a condiciones pre-comerciales, muchas veces en manos de productores, en parcelas de ensayo de mayor escala, donde se realizan pruebas de campo y se testean los paquetes tecnológicos asociados. Los resultados de esta etapa debieran permitir la protección de alguna de las variedades en evaluación de manera que puedan ser ofrecidas comercialmente, con un paquete de manejo mínimo que optimice el comportamiento agronómico y comercial de la variedad.
- **Transferencia Tecnológica:** Esta etapa corresponde al desarrollo comercial de la variedad y contempla el seguimiento de su comportamiento en las distintas localidades y en los distintos mercados para su éxito comercial. En la medida que las variedades son cultivadas por los productores, con distintos manejos y en diferentes zonas, se hace necesario hacer ajustes en los protocolos de manejo, por lo que el seguimiento en esta etapa resulta crucial para una correcta adopción de la variedad por los productores y consumidores.

Figura 1. Etapas y tiempos estimados del desarrollo genético en especies de frutales mayores.

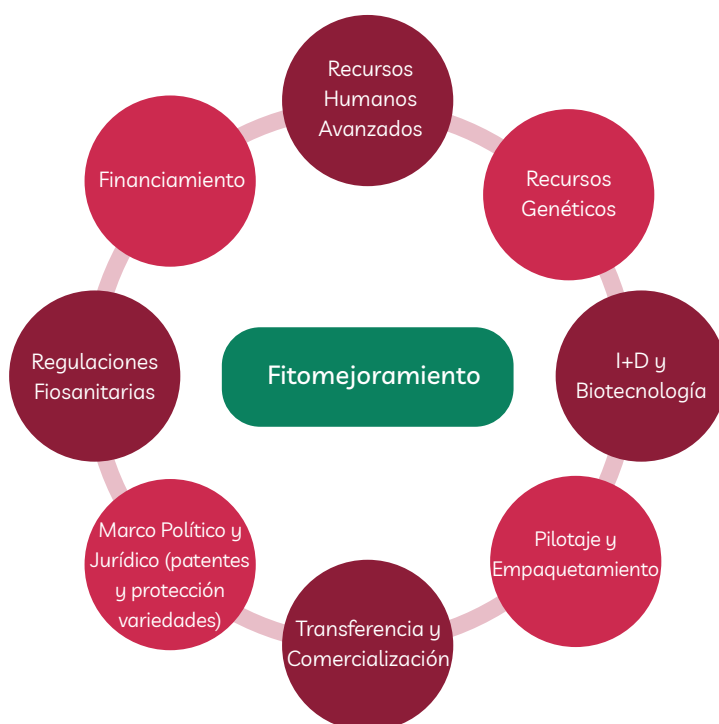


Fuente: Elaboración Propia

El fitomejoramiento requiere de un entorno habilitante, del apoyo de otras especialidades y actores, tanto de la investigación, como del mundo productivo y regulatorio, en cada una de estas etapas, para apoyar la generación de nuevas variedades y su transferencia al mundo productivo y comercial.

Un estudio encargado por la FIA como base para el documento "Visión Chile Agroalimentario, Forestal y Rural 2030", publicado por el Banco Mundial en 2011, conceptualiza los elementos de entorno que resultan clave para esta actividad. La figura 2 ha sido adaptada de dicho documento.

Figura 2. Elementos clave del entorno del Fitomejoramiento.



Fuente: Adaptación del Estudio "Visión Chile Agroalimentario, Forestal y Rural 2030", 2011.

Todos estos elementos descritos participan y construyen un ecosistema favorable para la actividad y desarrollo genéticos en un país.

Los recursos humanos avanzados, con fuerte especialización, son fundamentales para poder desarrollar esta actividad. Pero no solo se requiere de una sólida formación científica, sino que, además, de un fuerte componente de madurez del equipo de trabajo (experiencia). Por lo tanto, el discontinuar un programa que ya está instalado y funcionando, implica una desinversión y pérdida de valor muy alta.

Los programas requieren, desde luego, material genético de base, que la proveen los recursos

genéticos (variedades comerciales, especies silvestres emparentadas), que están disponibles para el funcionamiento de los programas. En este sentido, Chile tiene un desafío especial por cuanto la mayor parte de las especies frutícolas que se cultivan en el país, son de origen extranjero y, por lo tanto, debe introducirse desde sus países de origen, como estrategia para enriquecer el "pool" genético a utilizar. Esta situación muchas veces entra en conflicto con las regulaciones fitosanitarias del país, por cuanto los requisitos que se requiere para su introducción son costosos o difíciles de cumplir desde los posibles colaboradores internacionales.

Los estudios de ciencia fundamental y aplicada, y el desarrollo de herramientas de biotecnología constituyen un insumo de alto valor para el apoyo a los programas. Distintas herramientas biotecnológicas pueden ayudar a mejorar la precisión y eficiencia de los programas. Por ejemplo, el uso de marcadores genéticos moleculares y la selección genómica, que le pueden agregar eficiencia a los programas, o el uso de técnicas de edición génica, que le agregan precisión porque se focalizan en genes específicos. Este tipo de procesos y herramientas son muchas veces desarrollados o puestos a punto en proyectos distintos de los de mejoramiento genético, lo que es importante de considerar en las recomendaciones de este documento. De esta forma, los programas de mejoramiento genético requieren de proyectos de biotecnología, de estudios de poscosecha, de estudios de fisiología vegetal y de desarrollo de paquetes tecnológicos de manejo a nivel de campo. Lo importante, sin embargo, es que estas disciplinas respondan a demandas del fitomejoramiento y no sean solo contribuciones al conocimiento científico.

La participación del sector privado en estos programas es fundamental no sólo en cuanto a los aportes de recursos necesarios para su ejecución. La industria entrega la pertinencia a los programas, ayudando a definir claramente los desafíos y oportunidades que conviene que sean atendidos. Además, va dando cuenta de los permanentes cambios y de la competencia con otras soluciones, como podría ser la simple introducción de variedades mejoradas desde el extranjero. Una vez que se tienen resultados avanzados, la validación técnico-productiva por parte de las empresas es también un componente clave para la validación y consecuente adopción de la nueva tecnología.

Atendido los largos tiempos para generar resultados e importantes niveles de inversión (costos operativos), los riesgos tecnológicos propios del I+D, los riesgos comerciales (anticiparse a escenarios con muchos años de antelación), y una curva de adopción varietal por etapas⁴, hacen que la evaluación de impacto económico de este tipo de proyectos no sea sencilla y, en muchos casos, poco atractiva para los inversionistas y, menos aún para inversionistas de fuera de la industria.

El rol del Estado en el apoyo de los programas de mejoramiento genético es por lo mismo esencial. Sin una política de apoyo financiero permanente, será muy difícil que la industria emprenda estas inversiones. Esta política debe contemplar también el apoyo decidido a las entidades tecnológicas interesadas en este tipo de trabajos.

Cuando se transfieren y se comercializan variedades, es clave contar con equipos especializados en estas materias. La velocidad y la extensión con que se trabaje esta transferencia definen en buena parte el éxito y retorno que las nuevas variedades generarán.

El marco jurídico, en el caso de Chile la Ley N°19.342, que regula los derechos de los obtentores vegetales, juega un rol clave no solo para promover la creación de nuevas variedades vegetales en el país, sino que también define condiciones promotoras para el ingreso de nuevas variedades extranjeras, que, dependiendo de la especie y de sus objetivos, pueden complementar el avance genético de los programas. En este sentido los esfuerzos por mantener actualizada la legislación en el país, acorde a los tratados internacionales, respetando el derecho del obtentor, así como las excepciones que permitan el uso de germoplasma protegido para el desarrollo de variedades y fines de investigación, es un esfuerzo que debe seguir promoviéndose.

Todo lo anterior viene a reforzar el concepto que el mejoramiento genético necesita un entorno favorable donde operar. Éste debe ser integrado, colaborativo y coordinado, de manera de generar resultados e impactos que vayan más allá de las propias variedades, como son el mantenimiento de la competitividad del sector frutícola a nivel global, de la productividad científica nacional y que posibilite que el país no solo exporte fruta, sino también la tecnología para producirla.

⁴ Los productores plantan algunas hectáreas de una nueva variedad, esperan 2 o 3 años para ver producción, y luego deciden si plantan en escala o no. Estos tiempos no se pueden disminuir, pero si se puede hacer que más productores hagan esta etapa de prueba en la medida que hay más experiencias de pilotaje previo.

5.

Descripción General de la Estructura Varietal y Existencia de Programas de Mejoramiento Genético en Chile

5.1. Situación Varietal en Chile

En Chile se cultivan 57 especies frutales donde participan cerca de 1.473 variedades (incluyendo variedades modernas protegidas y variedades antiguas), según el Catastro Frutícola Odepa-Ciren. Aunque el número de variedades es amplio, la riqueza varietal es diferente en cada especie. En algunas especies, como kiwi, paltos y nogales, la riqueza varietal es estrecha y basada en una o dos variedades fundamentales ('Hayward' en kiwi, 'Hass' en palto y 'Serr' y 'Chandler' en nogal), sin embargo, en otras especies la disponibilidad de variedades es más amplia, como ocurre por ejemplo con los frutales de carozos, manzano, cerezo, arándano y uva de mesa.

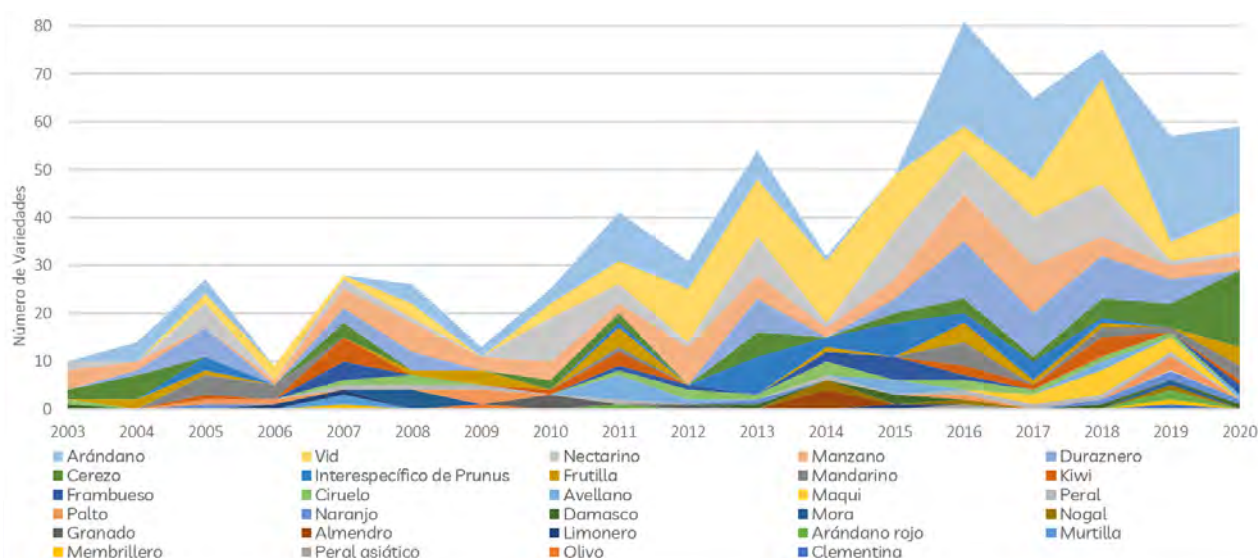
Sin embargo, aún en el caso de especies donde existe una oferta varietal amplia, el número de variedades que tienen impacto significativo es siempre menor. Por ejemplo, en el caso de cerezo existen más de 20 variedades cultivadas en el país, pero solo cuatro explican más del 85% de la producción nacional ('Lapins', 'Bing', 'Santina' y 'Sweet Heart'). Esta dinámica es bastante común en muchas especies y se debe a varias razones. Tal vez la más relevante es que existen variedades principales (ancla) que permiten el

crecimiento de la especie en una macrozona y luego se van agregando otras variedades "menores" que complementan "ventanas productivas" o extienden zonas, o bien, van superando a las variedades estándares por algún atributo menor, como mayor coloración de la piel, en caso de algunos de algunos tipos de manzanas como Gala y Fuji, de las que existen muchas variedades parecidas.

Como ya ha sido expuesto en este documento, las variedades que se cultivan en Chile fueron, en su gran mayoría, desarrolladas en el extranjero. Una parte de ellas son protegidas y otra cantidad importante corresponde a variedades no protegidas, variedades libres cultivadas en el país con anterioridad a la implementación de la Ley N°19.342 o que estuvieron protegidas y dejaron de estarlo luego de los 18 años de protección que la ley les otorga a las nuevas variedades en Chile.

Al revisar la información disponible en el Registro de Variedades Protegidas del SAG, al 20 de noviembre de 2020, se observa claramente que el número de variedades protegidas en el país ha ido en aumento sostenido (Figura 3), llegando en la actualidad a 696 variedades registradas en 29 especies frutales.

Figura 3. Evolución del registro de variedades frutales protegidas en Chile



Fuente: Listado de Variedades Protegidas a noviembre 2020, SAG.

Del total de variedades del Registro de Variedades Protegidas, de 25 países incluido Chile, el 95% son extranjeras. Estados Unidos representa el 50% de la oferta total, seguido de Francia con un 10%. Chile participa sólo con un 5% de la oferta varietal, con 36 variedades registradas (Figura 4).

A nivel de especies, un 18% corresponde a variedades de arándano; 16%, a uvas de mesa; 11%, a manzano; 11%, a nectarinos; 8%, a duraznos; 7%, a cerezos y el restante 29% se distribuye en otras 23 especies (Figura 5).

Figura 4. Número de variedades frutales protegidas en Chile por país de origen.

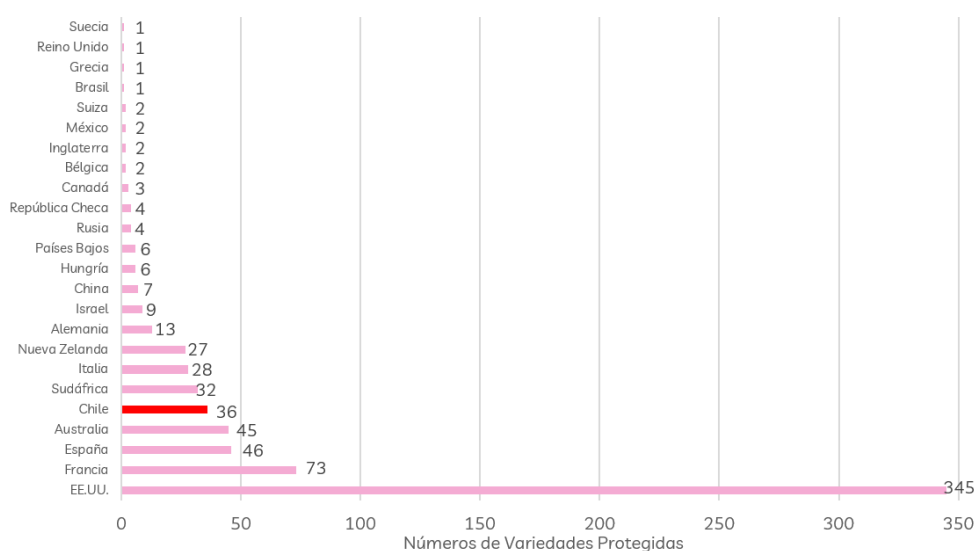
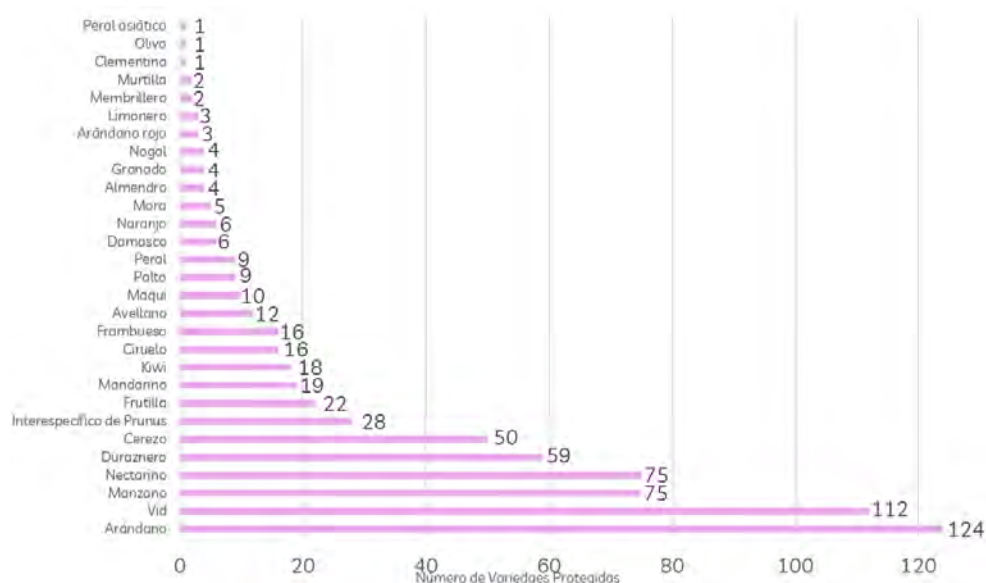


Figura 5. Número de variedades frutales protegidas en Chile por especie.

Fuente: Listado de Variedades Protegidas a noviembre 2020, SAG.

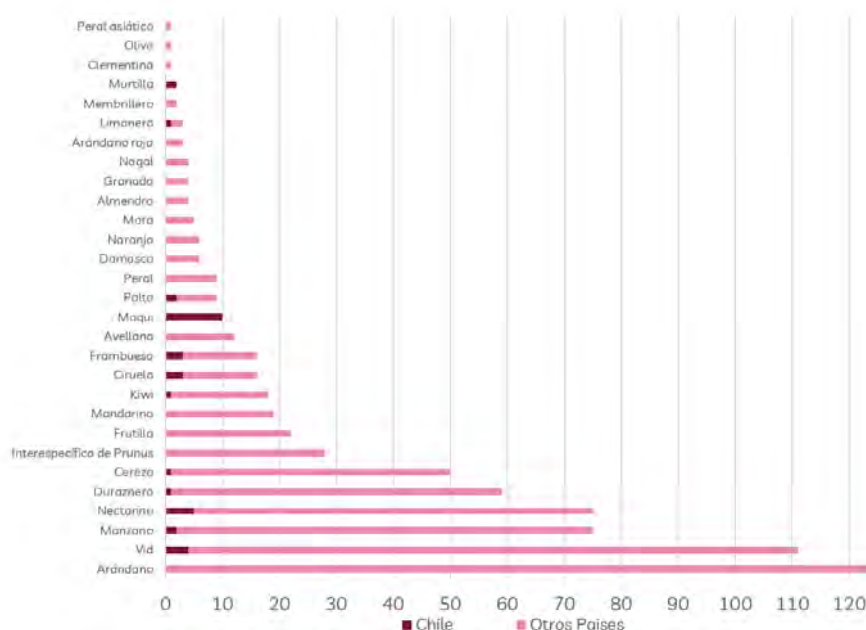


Fuente: Listado de Variedades Protegidas a noviembre 2020, SAG.

Chile aporta con 36 variedades protegidas en 11 especies (Cuadro 1), en las que las variedades de maqui, seguidas de uva de mesa, nectarino, frambueso y ciruelo componen el 72% de las variedades nacionales. Con excepción del caso de maqui y

murtilla, donde las variedades chilenas son el 100% de la oferta varietal total para esas especies, en las otras especies el aporte de variedades desarrolladas en Chile es más bien modesto, aun habiendo un espacio importante para nuevas contribuciones nacionales.

Figura 6. Número de variedades frutales protegidas nacionales en cada especie.



Fuente: Listado de Variedades Protegidas a noviembre 2020, SAG.

Cuadro 1. Número de variedades frutales protegidas nacionales en cada especie.

Especie	N° Variedades
Limonero	1
Duraznero	1
Cerezo	1
Kiwi	1
Manzano	2
Murtilla	2
Palto	2
Frambueso	3
Ciruelo	3
Nectarino	5
Vid	4
Maqui	10
TOTAL	35

Fuente: Listado de Variedades Protegidas a noviembre 2020, SAG.

En el caso de las variedades de uva de mesa, nectarino, frambueso, ciruelo y kiwi, la mayor parte de ellas provienen de trabajos de mejoramiento genético convencional realizados en Chile. En otros casos, son producto de mutaciones espontáneas, como ocurre con una variedad de uva de mesa, un manzano, un limonero y un palto. En el caso de la murtilla y el maqui, las nuevas variedades corresponden a trabajos formales de selección masal a partir de plantas silvestres.

Conviene señalar que la mayor o menor oferta de variedades protegidas, no determina un mayor impacto de ellas en la industria, ni significa que los problemas de esa especie estén atendidos o resueltos.

En algunas ocasiones el problema es justamente lo contrario, la mayor oferta de variedades puede responder a una mayor necesidad de atender un desafío que aún no ha sido resuelto.

5.2. Situación de los Programas de Mejoramiento Genético en Chile

Actualmente en Chile existen nueve programas de mejoramiento frutal activos con financiamiento público, de acuerdo con la información de CORFO.

Todos ellos cuentan con cofinanciamiento privado y están asociados a los consorcios biotecnológicos ya mencionados, además de otros actores como la Universidad de Chile que se adjudica uno de los últimos Programas Tecnológicos convocados en el año 2016 (Cuadro 2). A diciembre de 2020, sólo tres de estos programas han generado variedades comerciales: uva (3), nectarino (6), durazno (1) y frambueso (3), las que en conjunto han cubierto un poco más de 1.100 hectáreas plantadas en manos de alrededor de 780 productores en el país.

Cuadro 2. Programas de mejoramiento genético frutal con apoyo de fondos públicos vigentes en Chile, de acuerdo con el resultado de las encuestas recibidas.

Consortio Vinculado	Especie	Beneficiario	Ejecutor	Instrumento CORFO	Fecha Inicio Proyecto Actual	Fecha Término Proyecto Actual	Estatus del Proyecto	Variedades Protegidas Chile	Hectáreas plantadas Chile	N° Productores Beneficiados Chile
Consortio de la Fruta (CCF)	Uva de Mesa	CCF	PUC	Consortio	2013	2023	Vigente	0	0	0
	Cerezos	CCF	PUC	Consortio	2013	2023	Vigente	0	0	0
	Carozos	CCF	PUC	Consortio	2013	2023	Terminado	0	0	0
	Frambuesas	CCF	PUC	PTEC Zona Sur	2017	2024	Vigente	3	93	650
	Manzanos	CCF	INIA	Consortio	2013	2023	Vigente	0	0	0
Consortio Biofrutales	Uva de Mesa	Biofrutales	INIA	PMG; Programa Tecnológico	2010	2021	Vigente	3	540*	80
	Cerezos	Biofrutales	INIA	PMG; Programa Tecnológico	2010	2021	Vigente	0	0	0
	Arándanos	Biofrutales	U de Chile	Consortio	2013	2023	Vigente	0	0	0
	Manzanos	Biofrutales	U de Talca - ANA	Consortio	2013	2023	Vigente	0	0	0
	Nectarino/durazno	U de Chile	U de Chile	PMG	2010	2021	Vigente	6	500	58
U de Chile	Nogal (portainjerto) (**)	U de Chile	U de Chile/CEAF	PTEC Sur	2018	2024	Vigente	-	-	-
	Cerezo (portainjerto) (**)	U de Chile	U de Chile/CEAF	PTEC Sur	2018	2024	Vigente	-	-	-

Fuente: Gerencia Capacidades de CORFO, Consortio Biofrutales y Consortio de la Fruta, Odepa.

(*) Superficie corresponde a 1 variedad escalada comercialmente.

(**) De acuerdo con información de Corfo, se incorporó información de dos programas más, de portainjerto en nogales y cerezos. Sin embargo, no se recibió respuesta de estos programas en la encuesta.

Estos programas tienen financiamiento público hasta fines de 2023. En el caso de los programas desarrollados por el consorcio Biofrutales, tres de ellos finalizan en 2021, y dos en 2023.

En referencia, a los programas desarrollados por el Consorcio Tecnológico de la Fruta, el programa de frutales de carozos (duraznero, nectarino y ciruelo japonés) detuvo sus labores en el año 2017 y en la actualidad se encuentra trabajando con fondos privados, en el desarrollo de las selecciones avanzadas que el programa alcanzó a producir.

Estos programas cuentan todos con financiamiento de CORFO, a través de tres distintos instrumentos de acuerdo con su objetivo general: Consorcios Tecnológicos Empresariales, Programas de Mejoramiento Genético (PMG) y Programas Tecnológicos Estratégicos (PTEC).

Esta información se refiere a los programas que cuentan con financiamiento público vigente. Estos mismos programas, particularmente aquellos que tienen resultados transferidos al sector productivo, tienen una historia anterior al actual financiamiento, que explica los resultados alcanzados. Mayores detalles de esto se describen más adelante en este documento.

En Chile también han existido iniciativas de mejoramiento en damasco y en kiwi, pero que a la fecha no cuentan con apoyo de fondos públicos de innovación o han finalizado. Por último, existirían actividades privadas de mejoramiento frutal en Chile, pero la encuesta realizada para conocer los antecedentes de los programas en el país no fue respondida por los privados.

5.3. Encuesta a los Programas de Mejoramiento Genético Frutal en Chile

Para poder hacer un levantamiento más completo de la actividad de mejoramiento genético en el país, este Comité de Investigación, Desarrollo e Innovación, dependiente de la Comisión Nacional de la Fruta Fresca, coordinado por ODEPA, realizó en el año 2020 una encuesta cuya información consolidada

se presenta en este documento. La encuesta se diseñó con el objeto de identificar la mayor parte de los trabajos de mejoramiento genético frutal que se han desarrollado en el país. Se tuvo en consideración algunos elementos que se buscaba consignar:

- Reportar programas activos o que hubieran suspendido o cerrado su actividad.
- Programas con o sin financiamiento público.
- Identificar en qué etapa están los programas vigentes.
- Conocer y diferenciar el tamaño de los programas y magnitudes de costos.
- Disponer de indicadores de impacto: variedades, hectáreas plantadas, entre otros.
- Reconocer el uso y/o necesidad de herramientas de biotecnología de apoyo.
- Recopilar comentarios de los encuestados respecto de la continuidad de estos programas.

Se intentó promover lenguajes comunes (etapas del mejoramiento), y proponer insumos para la política de innovación (costos, indicadores), entre otras informaciones relevantes. Con información recogida de distintas fuentes históricas (bases de datos), se identificaron a priori 19 iniciativas de mejoramiento genético ejecutadas en el país, incluyendo referencias de iniciativas privadas.

La encuesta fue enviada a los coordinadores de estos programas identificados, y se extendió de manera abierta a otros programas que no hubieran estado en esta lista, a través de universidades, institutos y asociaciones gremiales (ASOEX, FEDEFruta).

Recibidas las respuestas de la encuesta se procedió a trabajar de manera consolidada la información, cuyos principales hallazgos se presentan a continuación. Conviene señalar que toda la información y conclusiones que aquí se presentan se limitan a la información aportada por los encuestados pudiendo no reflejar la realidad completa del país. Por ejemplo, de los programas de mejoramiento privados identificados en la lista original, ninguno contestó

esta encuesta, por lo que no es posible considerarlo en el análisis y conclusiones que aquí se presentan. Asimismo, se tiene información de una iniciativa de mejoramiento genético en kiwi, según dan cuenta las bases de datos en el país, pero no se recibió respuesta. Finalmente, respondieron 16, de un total de 19 encuestados, lo que corresponde a un 84%, por lo que los resultados se consideran suficientemente robustos para poder hacer este análisis.

Conviene aclarar que la encuesta diferencia dos conceptos: Programa y Proyecto. Un programa puede tener uno o más proyectos que se entienden como la ejecución de instrumentos de financiamiento público. Esto resulta importante para entender que algunos proyectos pueden señalar una fecha de inicio que corresponde a la adjudicación del financiamiento, pero que sus actividades como programas podrían haberse iniciado anteriormente.

5.3.1. Caracterización de los programas

- Un total de 16 programas de mejoramiento (PMG) fueron identificados en la encuesta, algunos activos en todas sus etapas y otros solo con actividades en transferencia tecnológica.
- Trece de ellos están dirigidos al desarrollo de variedades y tres a portainjertos.
- Los PMG en variedades cubren nueve especies: uva de mesa, cerezo, arándano, duraznero y nectarino, manzano, frambueso, maqui, murtila, mandarino y limonero. En el caso de la uva de mesa, cerezo y manzano hay dos programas y, en el caso de duraznero y nectarino, también existen dos, pero uno de ellos ha suspendido sus actividades de cruzamiento.
- Los que trabajan en portainjertos lo hacen en cuatro especies: frutales de carozo, cerezo, nogal y avellano europeo.
- Estos programas son o han sido ejecutados por entidades privadas de I+D con financiamiento público: INIA (5), Pontificia Universidad Católica de Chile (5), Universidad de Chile (3), Universidad de Talca (2) y Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura – CEAF (2). La mayor parte de los

programas que trabajan en variedades están vinculados o son parte de alguno de los Consorcios Biotecnológicos.

- Del total, 12 PMG trabajan sobre la base de hibridaciones, dos PMG sobre selección masal (identificación de individuos superiores en una población natural) y un PMG sobre la base de mutagénesis⁵.
- De acuerdo con la edad, considerando el año en que inician sus operaciones, los programas se agrupan de la siguiente forma:
 - 1 a 5 años: 2 programas
 - 6 a 10 años: 4 programas
 - 11 a 15 años: 7 programas
 - 16 años o más: 3 programas
- La mayoría de los PMG utilizan el mejoramiento genético convencional como técnica de mejoramiento principal, lo que supone una estructura formal y de trabajo continuo.
- Del total encuestado, tres PMG están haciendo breeding recurrente y selección; cuatro están haciendo breeding recurrente, selección y escalamiento; seis están solo en etapa de selección y tres están únicamente en etapa de escalamiento⁶.
- En cuanto a uso de herramientas biotecnológicas, la mayor parte de los programas utiliza algún tipo de herramienta: 10 de ellos hacen rescate de embriones; seis utilizan marcadores moleculares para selección asistida; seis se apoyan con cultivo in vitro; dos han utilizado mutagénesis inducida; uno ha realizado trabajos de transgenia.

⁵ Los trabajos de selección masal e inducción de mutagénesis no son necesariamente ejercicios recurrentes, como si lo es el breeding, que todos los años construye nuevas poblaciones. Todas estas técnicas de mejoramiento son válidas y cada una atiende objetivos propios, lo que se quiere consignar es que no tendrán necesariamente las mismas estructuras de costos entre ellas, por lo que la comparación de este ítem se hará por separado.

⁶ Las etapas de mejoramiento, para estas encuestas, se agruparon en 4: pre-breeding, breeding, selección y escalamiento. Lo anterior como un ejercicio de encontrar un lenguaje común para referirse a las etapas.

- La mayor parte de los programas señala que el tiempo mínimo para generar y registrar una nueva variedad (desde la etapa de cruzamientos) es de 15 años; algunos mencionan 7, 12 y hasta 20 años, lo que depende de los ciclos biológicos de la especie y de las técnicas de mejoramiento.

5.3.2. Acerca del costo y financiamiento de los programas

- De los 16 programas que respondieron la encuesta, 12 de ellos cuentan actualmente con financiamiento público. De esos, 11 son apoyados por CORFO, uno por Conicyt (hoy ANID) y uno por la FIA. En todos ellos existe aporte de cofinanciamiento de empresas privadas, pero no se especifica si ellos son pecuniarios o no pecuniarios. Los programas que no tienen financiamiento público actual no cuentan con apoyo privado.
- Los proyectos que son apoyados por CORFO tienen extensión de 6 a 10 años, el de Conicyt (ANID) 13 años, y el de la FIA se extiende por 4 años.
- Cuatro de ellos – uva de mesa, nectarino y cerezo – terminan su financiamiento en 2021. Tres de ellos terminan en 2022. Uno termina en 2023, cuatro terminan en 2024 y solo uno de portainjertos tiene financiamiento hasta 2027.
- La mayor parte de los programas con financiamiento están vinculados a los Consorcios Biofrutales o Tecnológico de la Fruta, y en menor medida se identificaron otros centros regionales de Conicyt (CEAF).
- Para dimensionar el tamaño del programa se consideró como indicador el número de segregantes anuales. Los programas de portainjertos declaran que trabajan entre 120 y 620 segregantes anuales. En cambio, los programas de variedades manejan entre 2.500 y 6.000 segregantes.
- Los presupuestos anuales varían según el objetivo inicial del programa, la especie, y el tipo de biotecnología utilizada. Además de considerar el material genético disponible de base para comenzar la ejecución del programa, y la formación y consolidación de los equipos de trabajo.
- Los programas de desarrollo de variedades señalan tener costos anuales promedio cercanos a \$250 millones de pesos, donde los proyectos de financiamiento público en promedio cubren cerca del 75% de sus costos, es decir, los costos efectivos de los programas son mayores que los recursos que se obtienen de los proyectos que los apoyan. Los programas de desarrollo de portainjertos tienen costos anuales menores, de entre \$15 a \$30 millones de pesos.
- Si se considera el presupuesto total de todos los proyectos vigentes que estos programas ejecutan para el mejoramiento, el total invertido es cercano a \$17.300 millones de pesos, lo que llevado a gasto anual alcanza a aproximadamente \$1.820 millones de pesos, de los cuales un 56% es financiamiento público y 44% de las contrapartes, siendo 22% aportes pecuniarios y 22% no pecuniario.



Cuadro 3. Costo de los Programas de Mejoramiento Genético vigentes que cuentan con financiamiento público (valores en millones de pesos).

Especie	Variedades / Portainjertos	Año Inicio Programa	Tamaño Programa (n° segregantes anuales)	Fuente Financiamiento Público	Instrumento Financiamiento del Proyecto	Año Inicio Proyecto	Año Término Proyecto	Duración Proyecto (años)	Monto Total Proyecto (Pec. y No Pec.)	Aporte Subsidio (Pec.)	% aporte del subsidio	Aporte Contraparte (Pec.)	Aporte Contraparte (No Pec.)	Presupuesto Anual Proyecto (Pec. + No Pec.)	Costo total anual del programa (Pec. + No Pec.)	Presupuesto Anual Programa No Cubierto por Proyecto (Pec. + No Pec.)
Maqui	Variedades	2009	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Cerezo	Variedades	2010	4.700	CORFO	PMG	2011	2021	10	1.185	711	60%	180	294	119	350	231
Arándano	Variedades	2015	8.000	CORFO	Consortios	2015	2023	9	1.846	722	39%	514	610	205	250	45
Manzano	Variedades	2009	2.500	CORFO	Consortios	2014	2023	9	1.883	699	37%	377	807	209	250	41
Duraz. y Nect.	Variedades	1999	3.000	CORFO	PMG	2011	2021	10	2.894	2.000	69%	504	391	289	160	-129
Uva de Mesa	Variedades	1990	5.000	CORFO	PMG	2011	2021	10	2.861	2.000	70%	731	130	286	450	164
Manzano	Variedades	2007	2.400	CORFO	Consortios	2014	2024	10	1.678	684	41%	465	528	168	220	52
Duraznero y Nectarino	Variedades	2007	5.000	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Mandarino y Limonero	Variedades	2007		FIA	Consortios	2019	2023	4	142	96	68%	8,7	37,4	35,5	80	44,5
Murtilla	Variedades	1993	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Frambueso	Variedades	2009	6.000	CORFO	PTEC	2017	2022	6	514	360	70%	102	51	86	110	24
Cerezos	Variedades	2010	3.500	CORFO	Consortios	2010	2024	9	1.936	949	49%	511	475	215	250	35
Uva de Mesa	Variedades	2007	3.000	CORFO	Consortios	2013	2021	9	1.586	778	49%	422	386	176	250	74
Avellano Europeo	Portainjertos	2016	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Cerezo	Portainjertos	2012	220	CORFO	PTEC-Sur	2017	2027	10	99	74	74%	11	15	10	30	20
Frutales de carozo	Portainjertos	2012	620	ANID	Centros Regionales	2009	2022	13	300	300	100%	0	0	23	11	-12
Nogal*	Portainjertos	2018	120	CORFO	PTEC-Sur	2018	2024	6	380	260	70%	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
TOTAL									17.304	9.633	56%	3.826	3.724	1.822	2.411	590

Fuente: Elaboración propia en base a las encuestas realizadas a Programas de Mejoramiento Genético en Chile, julio 2020.
 (*) Información proporcionada por Corfo, no fue obtenida a través de la encuesta.

Notas:

1) Año de Inicio del Programa: Indicar que el Programa puede haber empezado hace 10 años, pero el Proyecto que lo apoya en el financiamiento actual hubiera comenzado hace solo 3 años. Diferenciar estos dos conceptos: Programa versus Proyecto, ayuda a explicar porque algunos proyectos que tienen financiamiento vigente reciente ya tienen variedades comerciales.

2) Tamaño Programa: Se utilizó un indicador referido al número de segregantes anuales (nuevos individuos de cruzamientos)

5.3.3. Acerca de los impactos de los programas

- De los programas, cinco de ellos han generado variedades protegidas a la fecha. La mayor parte corresponde a programas de largo plazo, cuatro con más de 16 años de actividad y uno con un poco más de 10 años.
- Estos cinco programas han generado 12 variedades protegidas en Chile, y 10 de ellas han sido también protegidas fuera del país.
- Estas nuevas variedades han sido adoptadas por alrededor de 780 productores, quienes han plantado alrededor de 1.100 hectáreas en el país (la primera que se comenzó a comercializar fue en 2011). A la fecha se han producido 12.000 toneladas acumuladas de fruta de estas variedades, principalmente para la exportación.
- Al consultar si los programas han realizado pruebas avanzadas o escalamiento en Chile, la mayoría de ellos (14) contestan positivamente, y 6 de ellos además lo han hecho fuera del país. Esto supone que existen variedades candidatas que estarían en etapas pre comerciales.

Los impactos de los programas no se reducen a lo que se señala en esta parte, por cuanto la encuesta no aborda aspectos como formación de capital humano avanzado, infraestructura crítica, publicaciones, patentes, detalles de otros proyectos de I+D asociados, entre otros. Ciertamente que en torno a estos programas existen resultados importantes, pero que deberán ser relevados en un trabajo ampliado.

5.3.4. Acerca del apoyo requerido de los programas

- Consultados acerca de la prioridad de apoyo con financiamiento público en las diferentes etapas de la I+D⁷ y de transferencia de resultados, las respuestas son variadas:
 - Los programas de portainjertos indican que se requiere mayor apoyo de fondos públicos en las etapas de ciencia fundamental, mientras que, en los programas de variedades, se

señala que se requiere mayor apoyo en mejoramiento genético y selección.

- Como segunda prioridad se menciona que la necesidad de financiamiento está en la etapa de incorporación de tecnología para el caso de los portainjertos, y la etapa de escalamiento nacional, para el caso de las variedades.
- La etapa que menor apoyo requeriría de fondos públicos sería en ambos casos, la de escalamiento internacional.
- Al preguntar acerca de la opción de seguir desarrollando mejoramiento genético, todos responden que seguirían con la misma especie que han trabajado y algunos agregando una o dos especies más. Los montos que señalan necesitar para su operación son mayores al presupuesto de financiamiento actual, en 20% y hasta 70% más. Ninguno considera que podría hacerse cargo completamente de los costos, pero indican que podrían aportar de contraparte 10% hasta 60%. Los programas con variedades comerciales son los que indican que pueden hacer un mayor aporte, los que, a su vez, son los que tienen mayores costos.
- Respecto de la necesidad de apoyo, todos manifiestan que sin financiamiento público difícilmente se puede desarrollar un programa de mejoramiento genético, y que éste aporte debería ser superior al 50%.

⁷ Las etapas definidas fueron: estudios de ciencia fundamental, biotecnología, breeding, escalamiento nacional, escalamiento internacional.

5.3.5. Otros comentarios recogido de la encuesta

- De los comentarios finales recibidos, todos los encuestados coincidieron en la necesidad de tener programas con continuidad de fondos públicos, y con una visión de largo plazo.
- Se indica además que ha sido muy relevante para el desarrollo de variedades en nuestro país, contar con financiamiento público en los programas, sobre todo en las primeras etapas del mejoramiento.
- Se menciona también la importancia de conformar equipos de trabajo especializados, y a su vez que éstos trabajen el mayor tiempo posible juntos, lo que favorece al programa en el largo plazo.
- Los programas de mejoramiento genético son también un polo importante de generación de otras actividades de investigación que pueden atender desafíos que desde aquí se levantan, como nuevas herramientas moleculares, estudios de poscosecha, entre otros



6.

Aprendizajes de los Programas de Mejoramiento Genético y Desarrollo de Variedades

Las variedades juegan un rol clave en la sustentabilidad de la industria frutícola nacional. Ya se ha dicho que no son la única solución, pero sí una parte fundamental. El aporte que la genética puede hacer a la industria es variado: aumentar la productividad, disminuir los costos, atender a las nuevas demandas del consumidor, disminuir el uso de agroquímicos, ayudar a enfrentar la escasez de mano obra, mejorar la adaptación al cambio climático, asegurar la condición de llegada a mercados lejanos, atender mercados nuevos, exigentes y de mayor valor, propender a sistemas productivos más sustentables, entre otros.

Como ha sido indicado, asegurar el acceso a recursos genéticos de alta calidad debe ser una prioridad. Esta puede venir de programas extranjeros o nacionales, en la medida que su adaptación y características respondan efectivamente a la realidad de esta industria, situación que, como ha sido señalada, es aún más difícil cuando se trata de variedades que han sido seleccionadas en y para otras condiciones del cultivo diferentes a la realidad de nuestro país.

Atendida la relevancia de la industria frutícola chilena, a nivel nacional y mundial, resulta riesgoso que sustente su competitividad basada en la posibilidad eventual que variedades desarrolladas en programas genéticos extranjeros se adapten a sus particulares desafíos. Es necesario, por lo tanto, hacerse cargo de atender estos desafíos propios mediante una estrategia de mejoramiento genético nacional.

Diversas son las razones para promover este tipo de actividades en el país. Además de las oportunidades e impactos que las nuevas variedades pueden generar, la actividad de mejoramiento genético nacional debe tener en cuenta aspectos como los que se señalan a continuación.

En muchas especies y variedades, la adaptación agroclimática al país ha sido modesta, lo que se traduce en menores rendimientos que los observados en sus países de origen donde han sido seleccionadas (productividad, resistencia a enfermedades, daños por sol). Estos desajustes podrían haber sido aceptables en épocas donde el negocio frutícola operaba con márgenes de rentabilidad que lo permitían. Hoy en

día la industria no resiste esas desadaptaciones.

El comportamiento en poscosecha de las variedades, elemento crítico para Chile por las largas distancias que lo separan de los mercados de destino, no es necesariamente un criterio de selección prioritario en los programas extranjeros de mejoramiento, por cuanto aquellas variedades están concebidas para esos países cuyos mercados son domésticos o cercanos.

La importancia relativa de programas de mejoramiento genético 100% públicos en el mundo, como oferentes de nuevas variedades, ha disminuido notablemente en los últimos 20 años. En la actualidad los programas con mayor impacto en el mundo son de naturaleza privada o público-privados, donde se han sofisticado los modelos de negocio de nuevas variedades. Muchas veces se observan esquemas restringidos o destinados a empresas integradas, lo que ha generado a su vez una suerte de consolidación a nivel genético. El impacto de esto se revela en el cambio en la estructura de comercialización y actores participantes. El cobro de royalties como resultado del desarrollo tecnológico es una norma hoy en día, tanto de programas públicos como privados, exigiendo el pago de derechos por la explotación de las variedades creadas.

La disminución de la creación de programas con financiamiento 100% público, que también deben justificar y sustentar su inversión, ha traído como consecuencia que algunas especies enfrenten una baja importante en el dinamismo del recambio de variedades. Esto ocurre especialmente en especies cuyo desarrollo genético es aún más largo, ya que sus resultados son poco exportables por razones de adaptabilidad específica a la zona de selección (difíciles de adaptar en condiciones distintas de su origen), y la industria usuaria no ha priorizado la renovación varietal como una estrategia fundamental de competitividad. Estos elementos hacen que los programas privados, se interesen menos por abordarlas, ya sea por sus largos tiempos de desarrollo, o la menor profundidad de negocio, haciendo poco atractiva su inversión. Por ejemplo, en paltos existen muy pocos programas de mejoramiento genético y la variedad 'Hass' es



casi la única alternativa varietal. El mejoramiento genético de paltos es complejo, largo y debe superar una excelente variedad, pero que ciertamente tiene desafíos que atender, como productividad y eficiencia hídrica, entre otros. Asimismo, muchos trabajos en portainjertos son aún ejecutados mayoritariamente por instituciones públicas por sus largos tiempos de desarrollo. Estas especies no pueden depender de la oferta deprimida que otros países pudieran ofrecer.

Chile necesita agregar valor a su fruta de manera urgente, hoy en día determinado fuertemente por la consistencia en la calidad de su producto y la sofisticación de sus modelos de comercialización. El “comoditizaje” de la industria y el negocio de volúmenes no es sostenible en una industria cuyos costos ya no son competitivos, frente a mercados cada vez más exigentes, y con un mayor número de oferentes a nivel mundial.

Muchas nuevas variedades vienen acompañadas de modelos de negocio complejos, que buscan asegurar el mejor producto posible que ella ofrece. Estas nuevas formas están ensayando distintos esquemas, algunos que no parecen sostenerse, pero otros ya están viendo resultados. En el caso de las manzanas, donde existe una sobreoferta mundial que ha tenido deprimido su crecimiento, se observa en diversos estudios que el dinamismo está justamente en variedades de alto valor pero que, además, va acompañada de importantes esfuerzos de construcción de marca, ejemplos como ‘Pink Lady’®, ‘Jazz’®, ‘Envy’®, ‘Opal’®, entre otras.

En uva de mesa también se está viendo este tipo de estrategia, como en el caso de las uvas ‘Cotton Candy’® y ‘Pristine’®. Incluso en especies en donde la diferenciación del producto en los consumidores no es a nivel varietal, como en arándano, nectarino y cerezo, ya se comienzan a ver esfuerzos por hacer una diferencia a nivel de consumidores.

El tipo de modelo comercial de una nueva variedad no es materia de su origen, nacional o extranjera, sino más bien, depende de los méritos de la nueva variedad (productivos o de consumo), del segmento de mercado al que apunten y de la competencia con otras variedades. Por ejemplo, una nueva variedad de cereza del tipo ‘Rainier’ (de piel bicolor), por muchos méritos que tenga, no puede apuntar a plantar más hectáreas que las que el mercado es capaz de colocar, pues se trata de mercados de nicho para ese tipo de fruta. Por lo menos en los primeros años, deberá procurar crecer conforme crezca el producto de manera de no saturar el mercado, lo que provocaría una disminución de rentabilidad en toda la cadena. Si esta misma nueva variedad se distingue de la variedad estándar por su productividad, entonces el foco estará puesto en el productor, pero si la innovación o mejora de producto se verifica en el consumidor (fruta más rica o mejor condición de arriba) es posible que sea conveniente sumar esfuerzos de marcas para distinguirla. Con todo, lo que se debe tener en cuenta, si la industria, en parte o en toda su cadena, no agrega valor sostenible, difícilmente se podrá aspirar a cobrar algún tipo de regalía necesaria para recuperar la inversión y sostener estos esfuerzos de mejoramiento.

Los nuevos modelos de crecimiento controlado o por etapas, también llamados tipo “Club”, buscan sostener el precio de un producto. Ciertamente esto presenta un nuevo desafío para la industria como la nuestra, que no está acostumbrada al desarrollo de productos, sino más bien ha estado sustentada en la productividad (volumen y costos). Es posible que estos esquemas aparezcan como restrictivos al ingreso de actores, pero es importante tener a la vista que su esfuerzo va por el lado de agregar valor, “descomoditizando” la producción. La generación de variedades nacionales no puede estar ajena a estas dinámicas de mercado, pero su oferta también podría permitir ampliar la posibilidad de nuevos nichos de mercado o nuevas zonas productoras. En definitiva, diversificar la producción nacional, evitando que todos los productores estén en la misma zona o “ventana” produciendo la misma fruta/variedad.

Un ejemplo de lo anterior se observa con mucha fuerza en la industria de las cerezas. El 80% de la producción nacional se sustenta en cuatro variedades, plantadas en tres regiones, con una “ventana” de casi seis semanas de cosecha, y con exportaciones en un 95% a un único mercado. Esta situación no es sostenible, si se considera la lección que nos ha dejado esta última temporada (2020-2021). Chile necesita ampliar su ventana de oferta de cerezas, variedades tempranas y tardías, de mayor productividad, con mejor condición de llegada a los mercados, de calibres mayores, entre otras características. Pero esto requiere esfuerzos de desarrollo genético importantes, sumado a trabajos agronómicos para permitir el cultivo de estas especies en zonas más amplias del país. Si no se hace este esfuerzo técnico y comercial, es posible que el dinamismo que ha mostrado este subsector disminuya fuertemente y obligue a muchos productores a salirse del negocio sin siquiera recuperar su fuerte inversión.

El caso de los arándanos puede también dar lecciones significativas. El importante desarrollo de nuevas variedades a nivel mundial ha permitido que esta especie hoy se cultive en muchos países y condiciones distintas, lo que, apoyado por una fuerte estrategia comercial, ha permitido expandir el mercado. Chile en este sentido ha sido comprimido por la oferta de otros

países. El desarrollo de nuevas variedades adaptadas a estas condiciones, con mayor productividad, mejor calidad, con maduración temprana, de alta calidad o más tardías, podría ser una estrategia importante para este sector.

El desarrollo varietal y la transferencia tecnológica, como ya ha sido planteado, requiere de un entorno que lo promueva. En este sentido se debe considerar:

- La disponibilidad de variabilidad genética y su debida caracterización de acuerdo con los objetivos de los programas de fitomejoramiento. Para introducir nuevos rasgos (genes) en los programas, se requiere muchas veces recurrir a germoplasma no comercial, variedades o cultivares antiguos o silvestres, que están en las regiones de origen de la especie, o en países que han colectado estos materiales. Para ello se requiere:

1. Contar con programas de recursos genéticos y sus respectivos bancos de germoplasma en Chile para las especies de interés; se debe considerar la necesidad de rescatar/recolectar con urgencia y en forma lo más exhaustiva posible el germoplasma antiguo y que está dispersada en viejas huertas caseras (las plantaciones ya no existen) o asilvestradas en lugares apartados, a lo largo del país;

2. Disponer de capacidades y procedimientos expeditos para introducir en Chile nuevos recursos genéticos. Éstos no han pasado necesariamente por procesos de limpieza de materiales (limpieza de virus) o lo han hecho bajo protocolos distintos de los exigidos en Chile, y por lo tanto no pueden ser ingresados al país bajo la normativa actual. Este tema ha sido relevado en el SAG y existe una mesa de trabajo que está intentando diseñar un sistema que permita ingresar a Chile materiales de alto valor genético con fines investigativos.

- Fortalecer capacidades en aspectos de sanidad vegetal si Chile quiere exportar variedades desde los programas nacionales. Los materiales y las variedades deben someterse a exámenes de

sanidad y eventualmente deberán ser saneados para ser enviados al extranjero. Estos trabajos requieren capacidades particulares, que se inician varios años antes de saber si una variedad será comercial o no.

- Los estudios de genómica aplicada, por ejemplo, para disponer de marcadores moleculares para apoyar la selección de variedades en etapas tempranas⁸, constituyen importantes herramientas de apoyo para los programas de mejoramiento genético. Estos trabajos son complejos y exigentes en personal calificado, costos y tiempo. Un programa no puede construir estas capacidades solo, más bien se requiere de un trabajo colaborativo de alto nivel. Los resultados de estos trabajos pueden generar publicaciones valiosas, pero su apropiabilidad es baja o discutible, por cuanto es información, y desde ese punto de vista, es muy difícil convocar aportes privados para estos desarrollos. Esta situación había sido incorporada en la política pública liderada por el Fondef de CONICYT a través de los proyectos Genoma, pero lamentablemente ha sido discontinuada.
- Uso de otras herramientas biotecnológicas que pueden apoyar los programas como las nuevas técnicas de edición génica (Crispr/Cas 9), que en frutales están en fases muy tempranas, o la selección genómica, que utiliza marcadores moleculares acoplados con la genética cuantitativa, que está diseñada específicamente para caracteres cuantitativos, que no dependen de más de dos genes. Todas estas capacidades hay que construirlas en el país y requieren de un apoyo decidido y permanente del sistema de innovación del país.
- Varios son los elementos que cruzan estas capacidades habilitantes: la necesidad de trabajos de investigación previos, la necesidad de capacidades humanas entrenadas, la dificultad para conseguir financiamiento privado, entre otros. Pero aun teniendo todas estas capacidades, o existiendo en forma de servicios, su sostenibilidad es precaria por cuanto el número de usuarios y la frecuencia

de su uso es acotada. Es por ello conveniente que estas capacidades estén alojadas en instituciones de investigación, que sean un bien público y que estén abiertas a la internacionalización, de manera de ampliar el mercado.

- Las etapas de escalamiento o pilotaje, en donde se ensayan las variedades en condiciones precomerciales, para confeccionar un paquete de manejo de base que ayude a los productores a obtener el mayor beneficio de las nuevas variedades, son muy importantes para la transferencia de resultados hacia la industria, pues ayuda a disminuir los riesgos en la toma de decisiones. Muchos de los proyectos que apoyan los programas de mejoramiento genético no consideran con suficiente vigor esta etapa. Una buena parte de los programas actuales vigentes van a requerir apoyo para estas actividades, en la medida que se vayan logrando las selecciones avanzadas.
- Los programas de mejoramiento necesitan que sus variedades se desarrollen de acuerdo con los méritos de cada una. Esto significa, también, que la internacionalización de las variedades es parte fundamental del programa de desarrollo, no solo desde un punto de vista de ingresos para la sostenibilidad del mismo, sino que, además, porque en algunos casos su desarrollo exige programas de abastecimiento de todo el año, lo que obliga a crear producción de contra estación.

⁸ Los marcadores moleculares pueden ayudar a identificar a nivel genético la presencia o ausencia de genes asociados a ciertas características deseables o indeseables. Por ejemplo, la presencia de semilla en uva de mesa es un carácter indeseado, y su rápida detección en fases tempranas del desarrollo de una planta permite excluirla del sistema, ahorrando costos y permitiendo utilizar la capacidad instalada de un programa con líneas que no presentan este carácter.

7. Otras Consideraciones

Las consideraciones que han sido relevadas por este comité de trabajo son coincidentes con las lecciones y recomendaciones que plantea el documento "Public plant breeding programs in the United States, critical factors for excellence", estudio encargado por la FIA en el año 2012 al especialista Dr. Michael L. Campbell de UC Davis, que analizó los programas de mejoramiento genético en Estados Unidos (EE. UU.) e identifica los factores de éxito que podrían ser útiles para la planificación e implementación de una expansión de los programas de fitomejoramiento en Chile.

Este estudio concluye identificando factores críticos que han sido clave en los programas exitosos de fitomejoramiento en EE.UU., y que deberían ser considerados y adaptados para el caso de Chile. Como lo señala el autor, cada factor de éxito debe evaluarse en el contexto chileno, pero es probable que la mayoría sean factores esenciales para expandir la capacidad de fitomejoramiento en nuestro país. A continuación, se mencionan los factores críticos, y se acompaña, en algunos casos, de una breve comparación con la realidad en Chile.

1. El requisito más importante para el éxito de los programas de fitomejoramiento es la **estabilidad financiera a largo plazo**. En los programas de fitomejoramiento del USDA encuestados, todos los fondos fueron proporcionados por el gobierno federal. En los programas universitarios, esto es una combinación de financiamiento de la universidad y de la industria, con recursos adicionales provenientes de otras subvenciones federales y regalías de patentes de variedades. Este financiamiento seguro permitió a los fitomejoradores tomar decisiones a largo plazo sobre la dotación de personal y otros gastos operativos, y no verse obstaculizados por restricciones presupuestarias que limitan la creación de programas dinámicos de fitomejoramiento. Además la continuidad de estos programas requiere del enfoque a largo plazo, lo que permite una persistencia laboral de los fitomejoradores y de su personal. Este es un factor clave de éxito en programas reconocidos por sus logros, que les han permitido destacarse durante largos períodos de tiempo. Los programas

con resultados han demostrado que vale la pena invertir en ellos de manera continua.

Este enfoque de estabilidad del financiamiento a largo plazo en Estados Unidos ha sido posible gracias a políticas públicas efectivas y a la relación con sus industrias de referencia. En Chile, los esfuerzos que ha hecho el Estado han obedecido a convicciones coyunturales e instrumentos específicos que, aunque valiosos e importantes, no ha sido el resultado de una política público-privada a la que se pudiera referenciar con claridad. Esta no pretende ser una crítica, ni menos desconocer los aportes de tantos, sino advertir de una situación real respecto de la cual conviene reflexionar y tomar acción si se quiere abordar los desafíos que este documento releva.

Respecto del total del financiamiento invertido hasta ahora en Chile, éste ha provenido principalmente del Estado, según lo indica la encuesta analizada en el capítulo 5 de este documento. Los ingresos por royalties aún no representan fuentes importantes de recursos, aunque se comienzan a recibir los primeros ingresos de variedades, según señalan los consorcios, pero éstos están lejos de lograr recuperar la inversión y sustentar el financiamiento de los programas por el corto plazo desde que se iniciaron estos programas.

2. Un **personal bien capacitado** es esencial para un programa exitoso, y el personal representa el costo individual más grande de todos los programas encuestados. Es imposible para el obtentor gestionar y al mismo tiempo participar en todos los aspectos necesarios para crear nuevas variedades. El obtentor debe delegar la responsabilidad en personal calificado. Los programas universitarios encuestados generalmente incluyen asistentes de investigación permanentes, becarios postdoctorales con formación de M.S. y Ph.D., estudiantes graduados y empleados de temporada, incluidos estudiantes universitarios.

En Chile, los recursos humanos son jóvenes en cuanto a experiencia, y muchos han ido ganando conocimiento en los programas actuales en

ejecución, sobre todo en aquellos donde ya se han liberado variedades comerciales.

3. Laboratorios, invernaderos e instalaciones de campo bien equipados son esenciales para crear la **infraestructura necesaria** para producir nuevas variedades. El personal entrenado debe tener equipos e instalaciones modernos para maximizar el potencial total del programa de fitomejoramiento. Para maximizar las capacidades de estos elementos en infraestructura, es fundamental que el personal responsable de utilizar estos elementos esté debidamente capacitado en su funcionamiento.

En Estados Unidos, los centros de investigación que lideran los programas público-privados de mejoramiento cuentan con capacidades instaladas en todos o gran parte de los servicios que favorecen el mejoramiento genético y, por lo tanto, la coordinación se ve favorecida de cara a un objetivo común. En Chile se ha tenido que construir o redirigir muchas de estas capacidades paralelamente con la puesta en marcha de los programas de mejoramiento, lo que ha sido un esfuerzo importante y a veces menos visibilizado.

4. Educación de posgrado en fitomejoramiento y genética vegetal y disciplinas de apoyo (patólogos, nutrición, fisiología, entre otras) ha sido esencial para desarrollar la capacidad humana de base del fitomejoramiento en Estados Unidos, necesaria para mantener una investigación de clase mundial en empresas privadas, universidades y en el USDA. Debido a que la mayor parte de los programas de fitomejoramiento público se realizan en universidades de EE.UU., esta educación de posgrado proporciona un vínculo directo entre los fitomejoradores capacitados y el éxito futuro del fitomejoramiento. El gran tamaño de la industria del fitomejoramiento de EE.UU., tanto pública como privada, genera una demanda significativa de graduados a nivel de M.S. y Ph.D.

Los especialistas que trabajan en fitomejoramiento en Chile se han formado, la mayoría, en centros y universidades extranjeras. Es difícil advertir en este momento cual sería el espacio laboral en

el país para profesionales formados en estas materias, pero se vislumbra bastante acotado. Esto determina que el ámbito laboral en torno al fitomejoramiento en el país no tenga el dinamismo que tiene en EE.UU., lo que representa una desventaja para el sistema, pero también mucha vulnerabilidad para los profesionales que deciden dedicarse a estas actividades. Varios programas, en ambos consorcios, se han asesorado con mejoradores senior de otros países, lo que es un aporte relevante. En este punto conviene hacer una aclaración importante, en el ámbito de las ciencias bioquímicas y biotecnológicas, la formación de profesionales en Chile ha sido vigorosa y se cuenta con un capital humano amplio de excelente nivel que puede hacer aportes importantes en trabajos de ciencia complementaria al mejoramiento genético convencional, siempre que ese trabajo esté directamente ligado con programas en mejoramiento genético.

5. La participación y el apoyo de la industria son fundamentales para el éxito de los mejores programas públicos en EE.UU. Estos programas se han beneficiado enormemente del **apoyo financiero** y aportes valorados de la industria, la **definición de prioridades** en el fitomejoramiento y el **apoyo de la política** a nivel universitario, estatal y nacional. El financiamiento de las organizaciones de productores y las regalías pagadas por las variedades adoptadas por los productores fueron fuentes importantes del financiamiento operacional para muchos de los programas estudiados. Los programas más exitosos tratan a la industria como socios. En estas situaciones, tanto el programa de fitomejoramiento como la industria se han beneficiado enormemente.

En Chile, los programas que han tenido resultados y se han sostenido en el tiempo son aquellos que cuentan con el apoyo y la participación de empresas de la industria. Sin embargo, en Estados Unidos y muchos países de Europa, la industria que apoya los programas de mejoramiento genético lo hace a través de las figuras gremiales y los fondos que éstas recogen y asignan para temas de I+D. A diferencia de Chile, estas organizaciones

no son voluntarias ni dependen de las cuotas de sus voluntarios asociados. Este aspecto es muy importante de precisar: en el caso de Chile no es el total de la industria quien apoya la investigación y desarrollo, sino que son algunas empresas particulares que han tenido la visión de participar en esta actividad y arriesgar capital en ella (viveristas, productores o exportadores). Desde luego que la apropiabilidad de los resultados es distinta, porque en Chile los cultivares se protegen para generar ingresos que permitan recuperar la inversión, en tanto en EE.UU., la protección se hace principalmente para favorecer el total de la industria.

6. Los mejores programas de fitomejoramiento de EE.UU. están ubicados muy cerca de las **áreas de producción principal para estos cultivos** o tienen campos de investigación en estos lugares. Además, pueden probar sus nuevas variedades con el apoyo

de agricultores en áreas de producción críticas. Esto es fundamental para la continuidad de estos programas, además de estar visibles para que los productores puedan acceder fácilmente a ellos y el obtentor pueda familiarizarse de las condiciones de cultivo que son más importantes para la especie que están mejorando.

7. Los programas de excelencia han establecido **bancos de germoplasma** que son recursos invaluable para el fitomejoramiento. Por diversas razones, estos repositorios de material genético son cada vez más difíciles de mantener. Estos recursos se vuelven aún más valiosos a medida que la capacidad de mapear genomas se vuelve menos costosa y más rápida.

Los programas de mejoramiento genético en Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia disponen de **bancos de germoplasma** o repositorios de



material vegetal organizados y de acceso público, que son el resultado de muchos años, trabajos que han permitido construir estos bienes públicos de alto valor. En torno a estos repositorios genéticos se articulan también servicios de análisis y saneamiento de materiales, necesarios para intercambiar con otros bancos. En Chile no existe nada parecido a esto en el ámbito frutal para la mayor parte de las especies (excepto la colección de vides de la Red de Bancos de Germoplasma de INIA) y es ciertamente una debilidad de nuestro entorno. Si bien los programas de mejoramiento genético en Chile han ido construyendo pequeños bancos de germoplasma y algunos tienen capacidad de diagnóstico y saneamiento para enfermedades producidas por virus y organismos similares, la mayoría constituyen bancos de germoplasma de variedades comerciales o históricas que alguna vez ingresaron al país. Una opción muy válida es la posibilidad de colaborar con estos bancos extranjeros para ingresar aquellos materiales que puedan ser de alto valor para los programas nacionales, pero para ello se requiere una institucionalidad regulatoria y capacidades que permitan ingresar material con fines evaluativos que no necesariamente cumplan con la legislación actual de ingreso, pero que al ser limpiados en Chile resguardarían el estatus necesario sin comprometer la condición fitosanitaria local.

8. El personal de **extensión** de la universidad y los asesores pueden ser miembros importantes del equipo de fitomejoramiento. Es su responsabilidad educar a los productores si se requieren nuevas prácticas de manejo para producir de manera óptima una nueva variedad. Los fitomejoradores, el personal de extensión y los asesores trabajan en equipo para transferir eficazmente la nueva variedad al agricultor y, en última instancia, al consumidor.

En Chile la situación es distinta: la extensión en especies frutales está mayormente concentrada en las empresas proveedoras de servicios e insumos para la fruticultura y en asesores privados que en algunos casos hacen investigación aplicada. En las universidades, la extensión es más bien escasa, y

se realiza con otro tipo de estrategias que a veces dificulta llegar directamente a los agricultores. Esto evidencia que el entorno que apoya la transferencia tecnológica está atomizado en el país y convendría considerar fortalecer mecanismos en esta dirección.

9. Las universidades y el USDA solicitan **Protección de la Propiedad Intelectual** sobre nuevas variedades con potencial económico. En estas instituciones hay equipos de expertos y protocolos sofisticados para asegurar que estos desarrollos estén protegidos legalmente. También existe una infraestructura para asegurar que la entrega de estas nuevas variedades sea fluida. Los servicios de los repositorios universitarios, viveros privados y las empresas de semillas, según sea la especie, desempeñan un papel importante en la entrega y protección de estas nuevas variedades. En muchos casos, las regalías derivadas de las licencias de estas variedades juegan un papel importante para seguir financiando los programas de mejoramiento vegetal.

En este tema, Chile ha avanzado bastante en los últimos años con la política de las Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTL) y los HUB de transferencia tecnológica, impulsada por la CORFO, donde se ha ido generando una experiencia valiosa que conviene mantener. Del mismo modo, el sector viverístico en Chile es dinámico y profesional. Los viveros efectivamente juegan un rol clave en la transferencia tecnológica en el ámbito de la genética y hay una cultura de búsqueda permanente de nuevas opciones varietales, dentro y fuera del país.

8.

Resumen y Conclusiones

El esfuerzo que ha hecho el país en los últimos 15 años ha permitido lograr la instalación tanto de capacidades humanas como de infraestructura en torno al fitomejoramiento frutícola. Los primeros resultados de este esfuerzo comienzan recién a verse y queda un largo camino por recorrer para perfeccionar y consolidar el mejoramiento genético frutícola en Chile.

En Chile, los principales resultados de esta etapa de instalación, en base a la información levantada, da cuenta que solo en breeding, para los 16 programas de mejoramiento ejecutados en el país en los últimos 15 años, se ha invertido un total de alrededor de \$17.300 millones de pesos, que anualizado asciende a un monto cercano a \$1.820 millones de pesos, donde 56% proviene de aportes del Estado, y 44% corresponde a aportes privados. A su vez, estos programas han generado 12 variedades protegidas, 10 de las cuales han sido protegidas fuera del país. Estas variedades han sido plantadas por alrededor de 780 productores, abarcando una superficie de 1.100 hectáreas en el país, y con una producción a la fecha de 12 mil toneladas, principalmente para exportación. Adicionalmente, también hay espacio para exportar nuevas variedades, como en el caso de la variedad de uva de mesa 'Maylen'® y de variedades 'Santa' de frambueso.

Los impactos de esta instalación de capacidades en fitomejoramiento no se reducen solo a lo señalado anteriormente, ya que la encuesta no aborda aspectos como formación de capital humano avanzado, infraestructura crítica, publicaciones, patentes, detalles de otros proyectos de I+D asociados, entre otros. En los anexos 1 y 2 se presenta un resumen de indicadores de resultados aportado por los consorcios que da cuenta de los impactos agregados más allá de los programas de mejoramiento genético.

Los programas vigentes se encuentran en distintos estados de desarrollo, y la mayoría aún no tiene resultados comerciales, pero cuenta con productos intermedios que requieren ser madurados, por lo mismo deben continuar y fortalecerse.

Varios de ellos están en su última etapa (año) de financiamiento público, y corren un riesgo importante de no continuar o bajar el ritmo de su actividad a

niveles muy inferiores, lo que debilita sobre todo las capacidades humanas que es lo más difícil de recuperar especialmente en esta área donde la oferta de profesionales y técnicos con experiencia es muy baja.

Durante los años, los programas de mejoramiento han permitido conformar equipos de trabajo que cuentan con un capital humano especializado, instalando las bases de conocimiento para continuar el trabajo en etapas más avanzadas en el desarrollo varietal frutícola nacional. Sin una continuidad de financiamiento, todo el know how adquirido a la fecha y el material genético podrían perderse.

Si se alcanza un financiamiento adecuado para los programas de mejoramiento genético en ejecución, el sector frutícola nacional podrá contar con nuevas variedades comerciales desarrolladas en el país, que se adapten mejor a las condiciones agroclimáticas. Considerando lo anterior, es posible afirmar que, si se evaluara económicamente todo el efecto positivo que le generará al país el contar con el desarrollo de variedades locales, el resultado de la evaluación económica del programa sería ampliamente positivo y muy superior a la evaluación que considere sólo los flujos de inversión.

Es importante entender que, si bien este documento pone énfasis en los programas de mejoramiento genético, ellos se nutren y son fuerte demandantes de otras actividades de I+D y transferencia que son necesarias de incluir en una estrategia nacional como la que se propone.

El capital social generado en el marco de las acciones de los Consorcios Tecnológicos, la generación de redes nacionales e internacionales y la vinculación de la ciencia con la empresa frutícola del país, es un activo que puede constituirse en una plataforma para otros desarrollos tecnológicos para mejorar la competitividad de la industria frutícola nacional.

Se requiere una política y acuerdo público-privado que permita madurar las capacidades de mejoramiento genético frutal en el país, recogiendo la experiencia levantada en estos 15 años, con un fuerte apoyo del Estado, incluyendo la investigación asociada a los programas, a través de una efectiva coordinación de las agencias de innovación nacional.

9. Propuestas

Considerando los antecedentes expuestos en este documento, este comité considera fundamental para el sector frutícola nacional, mantener y fortalecer las capacidades en torno al mejoramiento genético frutal en Chile para capitalizar esta primera etapa de instalación y pasar una etapa de crecimiento y madurez, donde se espera el país pueda ser capaz de atender los desafíos y oportunidades que les son propios.

A continuación, se proponen varios elementos para ser incorporados en el esfuerzo propuesto, y siendo el financiamiento de los programas de mejoramiento genético el foco principal de este documento y la política de mayor urgencia, se han incluido otras recomendaciones que son parte de este ecosistema favorable para el fitomejoramiento:

MARCO DE POLÍTICA PÚBLICA

- Política Pública: Se propone que el esfuerzo por construir y consolidar capacidades nacionales en el fitomejoramiento frutal tome forma de una Política Pública, de largo plazo, consensuada, visible y alojada en una "Comisión para el Desarrollo del Fitomejoramiento Nacional".
- Unidad o Subdepartamento para el Desarrollo del Fitomejoramiento: La coordinación de la implementación de esta política, traducida en el apoyo a la construcción de un ecosistema favorable al fitomejoramiento y en particular al desarrollo de programas, debiera ser liderada por una unidad alojada en el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación con representación de ANID, CORFO y FIA, y otras agencias del Ministerio de Economía y Ministerio de Agricultura, como ODEPA y el SAG. Esta entidad deberá coordinar acciones comunes en el desarrollo y perfeccionamiento de estos programas con una visión de largo plazo, participar de la evaluación los proyectos y recomendar la aprobación de éstos, acompañar el seguimiento de la ejecución de ellos, y sugerir su continuidad en etapas posteriores.

- Mesa para el Desarrollo del Fitomejoramiento: Se propone la conformación o consolidación del comité de Investigación y Desarrollo, convocada desde la Comisión de la Fruta Fresca, donde participen las agencias que son parte de ella invitando a actores del mundo de la academia, de la industria y de la sociedad civil, además de los representantes de los ejecutores de los principales proyectos. La idea de esta mesa es relevar oportunamente los avances, los desafíos y oportunidades.

FINANCIAMIENTO DE LOS PROGRAMAS

Se propone un esfuerzo público-privado para apoyar el financiamiento de los programas que se postulen. En este sentido se sugieren algunas consideraciones:

- Identificación del alcance de los proyectos: Los instrumentos debieran considerar, según sus objetivos, el tipo de mejoramiento genético y la etapa que pretenden sustentar. Entendiendo, como ha sido explicado antes, que las tres grandes etapas propuesta del fitomejoramiento, desde el I+D al mercado son: (a) Cruzamientos y selección, (b) Escalamiento piloto, y (c) Transferencia tecnológica. Para cada etapa serán distintos los instrumentos, los tiempos, costos y aportes de contraparte. Este documento pone especial atención a los programas en su primera etapa (a) de cruzamientos y selección (breeding).
- Extensión de los proyectos: Los instrumentos debieran tener en cuenta los tiempos de este trabajo de este tipo de proyectos. Los proyectos de mejoramiento en su primera etapa (cruzamientos y selección) debieran considerar períodos de hasta 10 años renovables. Los siguientes pueden ser de 6 y hasta 10 años.
- Priorización, Magnitud y Porcentaje de Subsidio: En el documento "Criterios para Priorizar Proyectos Desarrollo Variedades", desarrollado por FIA en 2014, se proponen nueve criterios a considerar en la priorización de programas y especies. Existen especies que pueden ser de importancia para el

país o para ciertas regiones, pero que no cuentan con una industria robusta de contraparte que pueda hacer aportes significativos, por ejemplo, en maqui. En estas especies es posible que la industria tenga un tamaño tal que permita por un lado relevar con mayor fuerza la necesidad de hacer mejoramiento y sea capaz de colocar más recursos de contraparte. Parece no conveniente definir a priori especies, sino criterios de elegibilidad que dependerán del instrumento.

Con esas consideraciones, y teniendo a la vista la información recogida, analizada y expuesta en este documento, los representantes de la industria que conforman este comité, proponen que el financiamiento de los programas debe considerar aportes mayores al financiamiento que se han tenido hasta ahora, por el tamaño actual de los mismos y por la necesidad de generar impactos reales en la industria. El apoyo de la industria como co-financiamiento es importante y podría ser mayor según las características de cada industria.

- Gobernabilidad: Dado los largos plazos de estos proyectos y el capital que invierten las partes (Estado, Academia e Industria) es fundamental poner atención a la gobernabilidad de esta asociatividad, incentivos para las partes, alineación de expectativas, entre otros. Esto debe ser revisado más de una vez en el proyecto, sin que signifique generar incertezas a los inversionistas, sino que sean mejoras continuas para todas las partes.
- Indicadores de Gestión e Impactos: Los programas generan muchos indicadores y es conveniente que aquellos que se espera sean monitoreados, estén definidos desde el inicio y sean reportados de manera periódica al instrumento y a la "Comisión para el Desarrollo del Fitomejoramiento Nacional".
- Estrategia de sustentabilidad financiera y de transferencia tecnológica: Los programas deben indicar con claridad sus modelos de sustentabilidad financiera de largo plazo (post proyecto si fuera el caso) y las estrategias de

transferencia tecnológica. Del mismo modo debiera privilegiarse aquellos modelos que consideren mecanismos de acercamiento o inclusión de los pequeños productores de nuestro país con potencial exportador al acceso de las variedades obtenidas, esto con el fin de acercar a la pequeña agricultura a oportunidades productivas con tecnología nueva. El modelo propuesto debe ser analizado según la especie, la variedad, y el grupo de agricultores que accederían a la producción de la variedad en cuestión. No se refiere a gratuidad del acceso, pero si mecanismos que les permitan acceder a la oportunidad de nuevas variedades.

INVESTIGACION ASOCIADA A LOS PROGRAMAS

- Proyectos de Investigación Básica: En torno a los programas se deben desarrollar proyectos de Investigación Básica que se coordinen con éstos. En este sentido, los PMG debieran ser "mandantes" de dicha investigación. El resultado de estos proyectos de I+D de ciencia básica se traduce en información y/o servicios de acceso público, que podrán tener costos de operación pero que estén disponibles para el país. El tipo de investigación se refiere a:

- Genómica aplicada para el desarrollo de marcadores moleculares
- Herramientas de edición génica
- Construcción de parentales elites (Pre-Breeding)
- Herramientas de smart agro para asistir el breeding: automatización del fenotipado
- Capacidades en Selección Genómica (GS).

Atendida la naturaleza de bienes públicos, el apoyo debiera ser el mayor posible, de largo plazo (al menos 5 años) y coherentes con las especies y objetivos de los programas existentes. En este sentido, este tipo de proyectos debiera tener un encargo desde los programas de mejoramiento genético. No es posible esperar que el sector productivo financie estos proyectos por cuanto sus resultados son de baja apropiabilidad y debieran en cambio ser considerados bienes o servicios nacionales.

- Proyectos de Escalamiento o Pilotaje: Este tipo de proyectos están más cercanos a mercado y es posible considerar que el aporte del Estado sea del 50% de los recursos y el resto un 30% pecuniario y 20% no pecuniario. Estos proyectos también deben considerar plazos de 6 a 10 años y pueden tener partes que se ejecuten fuera del país.

Es importante señalar que los proyectos de investigación básica están al servicio de los programas de mejoramiento genético (proyectos de investigación aplicada). Los segundos no existen sin los primeros, lo que obliga a que las agencias del estado que coordinan ambos tipos de proyecto deban trabajar en estrecha relación, para aprovechar y potenciar los resultados de estos proyectos, en beneficio del desarrollo de la industria frutícola.

INICIATIVAS COMPLEMENTARIAS DE ENTORNO HABILITANTE

Con el objeto de apoyar la creación de un ecosistema propicio para el fitomejoramiento, se propone considerar también la habilitación de capacidades y servicios de carácter público y abiertos relativos a:

- Saneamiento y Reposición de Recursos Genéticos Frutales: Se refiere a la capacidad de analizar y sanear los materiales de nuevas variedades que se vayan generando y establecer un repositorio o colección de material limpio para su multiplicación o exportación.
- Ingresos de material con fines evaluativos: Levantar en el país las capacidades técnicas y regulatorias que permitan ingresar al país materiales genéticos no certificados que puedan ser analizados y eventualmente saneados para que queden disponibles para su uso en el país con fines investigativos. El tipo de material puede ser polen, estacas, semillas, material in vitro, entre otros.
- Rescate y valorización de variedades y genotipos antiguos: existentes aún en viejas propiedades, huertos caseros, jardines familiares, etc. Su rescate aportará variabilidad genética valiosa, de gran interés presente y futuro (por ejemplo

genotipos de fecha de maduración muy diversa, adaptados a diferentes ambientes, o con fenotipos peculiares, "novedosos").

Este grupo de proyectos o iniciativas de carácter nacional requieren el apoyo total del Estado, también de largo plazo, pero se sugiere que tengan la pertinencia del encargo de los programas y el auspicio claro de la Unidad o Subdepartamento para el Desarrollo del Fitomejoramiento.

10. Bibliografía

AQUAVITA, 2011. Mejoramiento genético en Chile: Línea de Base 2010 y Prospectiva 2030. [En línea]. Estudio encargado por FIA como base para el documento Visión Chile Agroalimentario, Forestal y Rural 2030, publicado por el Banco Mundial. [En línea] www.fia.cl/download/estudios-fia/estudio-banco-mundial/Mejoramiento%20Genetico%20FIA-BM.pdf

CNID, 2007. Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena Resumen ejecutivo de Fruticultura [En línea]: www.cnid.cl/wp-content/uploads/2007/05/E-Competitividad-Cluster-Fruticultura.-Resumen.-BCG-2007.pdf

CNID, 2017. Ciencias, Tecnología e Innovación para un Nuevo Pacto de Desarrollo Sostenible e Inclusivo. [En línea]: www.cnid.cl/portfolio-items/cti-para-un-nuevo-pacto-de-desarrollo-sostenible-e-inclusivo/

FIA, 2012. Public plant breeding programs in the United States, critical factors for excellence, de Michael Campbell.

FIA, 2014. Criterios para Priorizar Proyectos Desarrollo Variedades. [En línea]. http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145467/Criterios_para_Priorizar_Proyectos_Desarrollo_Variedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAGRI, 2009. Estrategia para el desarrollo de variedades vegetales en Chile. [En línea]: <https://docplayer.es/26957376-Estrategia-para-el-desarrollo-de-variedades-vegetales-en-chile-junio-2009.html>.

11.

Anexos

Anexo 1. Resumen de Indicadores de Gestión del Consorcio Biofrutales

El Consorcio Biofrutales, creado en 2006, reúne a 13 socios : entidades tecnológicas, empresas y asociaciones gremiales del sector, enfocándose en el desarrollo de programas de mejoramiento genético frutal en el país y la transferencia de sus resultados. Al alero del consorcio, con apoyo de diversos instrumentos, entidades tecnológicas y empresas, en proyectos ejecutados entre el 2007 y hasta el 2023, se ha logrado:

Proyectos y Subproyectos

- 8 en breeding para 4 especies: vid, frutales de carozo, cerezo, arándano y manzano.
- 26 en Biotecnología: Incluyendo Ingeniería genética y desarrollo de marcadores moleculares
- 4 en Pilotaje: evaluación comercial de los productos a escala nacional e internacional.
- 3 en Empaquetamiento tecnológico

Convenios I+D

- 7 de subsidio directos: Corfo y CONICYT
- 28 de ejecución
- 36 de Mandantes privados (5 internacionales)

Financiamiento en Millones de pesos (MM) (2007-2023)

- Subsidio Estatal: 16.500 MM
- Aporte Privado Pecuniario: 5.100 MM
- Aporte Valorado: 6.900 MM
- TOTAL: 28.500 MM

Financiamiento según tipo de Investigación

- 36% Investigación Básica: Ingeniería Genética y Marcadores Moleculares.
- 53% Investigación Aplicada: Breeding, Escalamiento y Paquetes tecnológicos
- 11% Administración, Difusión y Transferencia

Financiamiento por actividad (2007-2023)

- 41% Breeding

- 36% Biotecnologías
- 12% Pilotaje y Empaquetamiento
- 3% Administración
- 8% Difusión

Portafolio de Resultados (a 2020) -Número de Resultados según TRL

- TRL 1-3: 23
- TRL 4-6: 69
- TLR 7-8: 41
- TLR 9: 6

Propiedad Intelectual (a marzo 2021)

- 5 solicitudes de patente
- 2 patentes concedidas
- 1 marca registrada
- 10 variedades protegidas (en 15 países): 3 uva y 7 nectarinos

Capital Humano Participante (a 2020)

- 93 Doctores PhD
- 36 Magister
- 79 Profesionales
- 38 Técnicos
- 317 Personas participantes

Tesis

- 43 de Pregrado
- 28 de Postgrado

Infraestructura comprometida

- 1.444 m2 laboratorios, oficinas y cámaras de frío
- 1,1 hectáreas de invernaderos, sombreaderos y bodegas
- 50 hectáreas de terrenos de ensayos

Resultados Comerciales (a 2020)

- 1,140 millones de plantas vendidas
- 1.009 hectáreas plantadas
- 138 productores
- 11.300 toneladas producidas

Anexo 2. Resumen de Indicadores de Gestión del Consorcio Tecnológico de la Fruta

El Consorcio Tecnológico de la Fruta fue creado en el año 2006, reúne a 29 socios que incluyen a la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile - ASOEX, la Pontificia Universidad Católica de Chile y empresas productoras y exportadoras del sector, enfocándose en el desarrollo de programas de mejoramiento genético en especies frutales y la transferencia efectiva de sus resultados. Al alero del consorcio, con apoyo de diversos instrumentos, entidades tecnológicas y empresas, en proyectos ejecutados entre el 2006 y hasta el 2020, se ha logrado:

Proyectos y Subproyectos

- 5 programas en Mejoramiento Genético para 6 especies: uva de mesa, cerezo, duraznero y nectarino, ciruelo japonés, manzano y frambueso.
- 2 en Biotecnología: Incluyendo uso de marcadores moleculares para resistencia a enfermedades e identificación varietal.
- 3 en Pilotaje y Transferencia Tecnológica: Evaluación comercial de los productos a escala nacional e internacional y desarrollo de paquetes tecnológicos de producción.
- 3 en Sostenibilidad: Incluyendo adaptación a plagas y enfermedades.

Convenios I+D

- 7 de subsidio directos: CORFO, FIA y CONICYT.
- 7 de ejecución.
- 22 de colaboración con socios privados con uso de Ley 20.570 de Incentivo Tributario en I+D.
- 18 de colaboración con socios privados para pilotaje y escalamiento comercial.
- 10 de colaboración con centros tecnológicos (8 internacionales).
- 7 de colaboración con mandantes privados (5 internacionales).
- 1 de colaboración con INDAP de apoyo a la Agricultura Familiar Campesina

Financiamiento en Millones de pesos (MM) (2007-2023)

- Subsidio Estatal: 6.764 MM
- Aporte Privado: 6.871 MM
- TOTAL: 13.635 MM

Portafolio de Resultados (a 2020) - Número de Resultados según TRL

- TRL 1-3: 2
- TRL 4-5: 8
- TRL 6-8: 2
- TRL 9: 3

Propiedad Intelectual (a 2020)

- 3 Variedades protegidas (en 33 países): 3 variedades de frambueso.
- 2 Solicitudes de Variedades protegidas: 1 frutal de carozo y 1 de uva de mesa en Chile.

Capital Humano Participante (a 2020)

- 9 Doctores PhD
- 7 Magíster
- 11 Profesionales
- 7 Técnicos
- 43 Total personas participantes en ejecución
- 22 Directores de empresas socias participantes
- 5 Comités técnicos de la industria de exportación de frutas participantes

Infraestructura comprometida

- 415 m2 laboratorios, oficinas y cámaras de frío
- 1.986 m2 de invernaderos y sombreaderos
- 31 hectáreas de terrenos de ensayos

Resultados Comerciales (a 2020)

- 930.000 plantas vendidas en Chile
- 93 hectáreas de frambuesas plantadas en Chile
- 650 agricultores en Chile
- 1.860 toneladas de frambuesas producidas

