SANTIAGO, JULIO DE 2018

CAPACIDADES PARA LA IMPORTACIÓN DE MATERIAL VEGETAL PARA USO EN INVESTIGACIÓN

RESUMEN/IFI-IE-CHILE FRUTÍCOLA

El presente informe constituye una versión sin diagramar, pero cuyos contenidos son los finales. El documento diseñado estará disponible durante la primera semana de febrero de 2019 y se podrá acceder a él, por este mismo medio.
Para más información, escríbanos a
comunicaciones@transformaalimentos.cl

CAPACIDADES PARA LA IMPORTACIÓN DE MATERIAL VEGETAL PARA USO EN INVESTIGACIÓN

Licitación N° 16IFI-66070 del Programa para Iniciativas de Fomento Integradas Chile Frutícola.

Las opiniones expresadas y las conclusiones formuladas en este informe son de exclusiva responsabilidad de los autores y en ningún caso representan la opinión del programa para Iniciativas de Fomento Integradas Chile Frutícola, y del Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile.

Consultoría ejecutada por:

Manuel Paneque, Universidad de Chile; Sofía Retamal, Agroenergía SA; Sebastián Bórquez, Agroenergía SA; Daniela Osses, Agroenergía SA; Carolina Muñoz, Agroenergía SA; Sebastián Herrera, Agroenergía; Donna Cortez, Agroenergía; Camila Céspedes, Agroenergía SA; Miguel Sánchez, ChileBio; Humberto Prieto, Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile.

Panel de Expertos

Rodrigo Cruzat, Consorcio Biofrutales; Alejandra Soto, Consorcio I+D Vinos de Chile; Erika Salazar, Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile; Fabiola Becerra, IFI-Chile Frutícola; Valentina Sotelo, IFI-Chile Frutícola.

La División Protección Agrícola y Forestal del Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura, valida información entregada por Agroenergía Ingeniería Genética S.A. en lo que compete a datos relacionados con este Servicio.

El equipo de trabajo quisiera agradecer a quienes colaboraron en la realización de este informe, en especial a los profesionales del Subdepartamento Regulaciones Fitosanitarias de Importación del Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura, que participaron activamente de la evaluación.

Esta publicación debiese citarse como: Paneque M. Retamal S. Bórquez S. Osses D. Muñoz C, Herrera S, Cortez D, Céspedes C. Sánchez M. Prieto H. 2018. Capacidades para la importación de material vegetal para uso en investigación. Licitación N° 16IFI-66070 del Programa para Iniciativas de Fomento Integradas Chile Frutícola.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS 3
ÍNDICE DE CUADROS 2
ÍNDICE DE FIGURAS 2
ÍNDICE DE ANEXOS 3
LISTADO DE ABREVIATURAS DE ENTIDADES 4
GLOSARIO 6
1. RESUMEN EJECUTIVO 11
2. BENCHMARKING 13
2.1 INTRODUCCIÓN 13
2.2 OBJETIVOS 14
2.3 METODOLOGÍA 14
2.4 ELECCIÓN DE LOS PAÍSES DEL BENCHMARKING 16
2.4.1 Estados Unidos 17
2.4.2 Australia 17
2.4.3 Nueva Zelandia 18
2.4.4 Brasil 18
2.5 ETAPAS DEL PROCESO DE IMPORTACIÓN DE CHILE Y SUS PUNTOS CRÍTICOS 19
2.5.1 Etapas del proceso de importación 19
2.5.2 Identificación de puntos críticos 21
3. BANCOS DE GERMOPLASMA 23
3.1 MARCO CONCEPTUAL 23
3.2 BANCOS DE GERMOPLASMA EN CHILE 25
3.2.1 Antecedentes generales 25
3.2.2 Adquisición y/o solicitud de recursos fitogenéticos 26
3.2.3 Colecciones de especies vegetales 27
3.3 BANCOS DE GERMOPLASMA EN INTERNACIONALES 28
3.3.1 BANCOS DE GERMOPLASMA EN ESTADOS UNIDOS 28
3.3.2 BANCOS DE GERMOPLASMA EN ESPAÑA 30
3.3.3 BANCOS DE GERMOPLASMA EN MEXICO 32
4. CATASTRO DE CAPACIDADES Y NECESIDADES TÉCNICAS PARA LA DETECCIÓN-DIAGNÓSTICO, SANEAMIENTO Y CUARENTENA DE MATERIAL VEGETAL EN CHILE 34
4.1 OBJETIVO 34
4.2 METODOLOGÍA 34
4.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS 39
4.3.1 Estadísticas Generales 39
4.3.2 Información General de los Laboratorios 45
4.3.3 Infraestructura y equipamiento 55
4.3.4 Procedimientos y técnicas de análisis 59
4.3.5 Sistemas de Gestión de Registros y de Calidad 63
4.3.6 Sistemas de Bioseguridad y seguridad/bienestar del personal 66
4.3.7 Capital humano 69

4.3.8 Importación de material genético 72
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES 74
5.1 Benchmarking 74
5.2 Bancos de Germoplasma 75
5.3 Catastro de laboratorios 76
6. BIBLIOGRAFÍA 77
7. ANEXOS 82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Colecciones de especies frutales registradas en GRIN Global y mantenidas por INIA Chile....28
Cuadro 2. Colecciones de especies frutales de Estados Unidos registradas en GRIN GLOBAL mantenida por diversos organismos públicos y privados. 30
Cuadro 3. Colecciones de especies frutales registradas en el Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos de España, mantenidas por diversos organismos públicos y privados. 32
Cuadro 4. Listado de instituciones consideradas en el estudio, consultadas mediante encuestas, entrevistas y/o visitas. 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama general del proceso de importación de material vegetal de propagación en Chile..19
Figura 2. Procedimiento general para solicitar material vegetal desde la Red de Bancos de Germoplasma de INIA. 26
Figura 3. Procedimiento general para solicitar material vegetal desde el CNRG de México. 34
Figura 4. Proporción de instituciones encuestadas y/o entrevistadas, sin respuesta, no aplicables y sin contacto. 39
Figura 5. Distribución de instituciones considerados en el estudio según tipo (%). 40
Figura 6. Distribución de las instituciones consideradas según carácter público, privado o público-privado (%). 40
Figura 7. Distribución de los Centros y/o laboratorios considerados por región (%). 41
Figura 8. Distribución de las instituciones consideradas en el estudio según capacidades de detección, diagnóstico, saneamiento y cuarentena 41
Figura 9. Distribución de instituciones públicas y privadas consideradas en el estudio según capacidades de detección, diagnóstico, saneamiento y cuarentena. 42
Figura 10. Distribución de la dotación de personal de las instituciones consideradas en el estudio. 43
Figura 11. Número (a) y proporción (b) de doctores, magíster, profesionales, técnicos y personal sin calificación distribuidas en las instituciones públicas y privadas consideradas en el estudio. 43
Figura 12. Número de encuestas solicitadas y respondidas por los grupos de instituciones consideradas en el catastro. 44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Listado de instituciones y laboratorios con sus respectivos sitios web.....82

LISTADO DE ABREVIATURAS DE ENTIDADES

Abreviatura	Entidad
ANA	Andes New Varieties Administration
ACHS	Asociación Chilena de Seguridad
CER	Centro Agrícola de Evaluación Rosario
CB-UdeC	Centro de Biotecnología de la Universidad de Concepción
CENBIO	Centro de Biotecnología de los Recursos Naturales de la Universidad Católica del Maule
CB-DAL	Centro de Biotecnología Dr. Alkalay Lowitt de la Universidad Técnica Federico Santa María
CBV	Centro de Biotecnología Vegetal de la Universidad Andrés Bello
CEAF	Centro de Estudio Avanzados en Fruticultura
CEAZA	Centro de Estudio Avanzados en Zonas Áridas
CGNA	Centro de Genómica Nutricional Agroacuícola
CEPROVEG	Centro de Propagación Vegetal de la Universidad Mayor
CREAS	Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables
CRI	Centro Regional de Investigación
CONICYT	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)
EC	Estación Cuarentenaria
ECA	Estación Cuarentenaria Agrícola
ECA SAG	Estación Cuarentenaria Agrícola del Servicio Agrícola y Ganadero
ECP	Estación Cuarentenaria Pecuaria del Servicio Agrícola y Ganadero
FDF	Fundación para el Desarrollo Frutícola
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
INTA	Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos
LAGRIC	Laboratorio Agrícola de Chile del Centro Agrícola de Evaluación Rosario
LPF	Laboratorio de Patología Forestal
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MAPA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento)
MPI	Ministerio de Industrias Primarias (Ministry for Primary Industries)
BIOREN	Núcleo Científico y Tecnológico de Biorecursos de la Universidad de la Frontera
NBC	Núcleo de Biotecnología de Curauma de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
ONPF	Organización Nacional de Protección Fitosanitaria
PUC	Pontificia Universidad Católica
PUCV	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero

APHIS	Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal (Animal and Plant Health Inspection Service)
UNAP	Universidad Arturo Prat
UACH	Universidad Austral de Chile
UCT	Universidad Católica de Temuco
UCM	Universidad Católica del Maule
UCH	Universidad de Chile
UDEC	Universidad de Concepción
UFRO	Universidad de la Frontera
ULS	Universidad de la Serena
UTAL	Universidad de Talca
UMAYOR	Universidad Mayor
UNAB	Universidad Nacional Andrés Bello
UTFSM	Universidad Técnica Federico Santa María

GLOSARIO

Accesión	Una muestra distinta, singularmente identificable de semillas que representa un cultivar, una línea de cría o población que se mantiene almacenada para su conservación y uso.
Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)	Proceso de evaluación de evidencias biológicas u otras evidencias científicas y económicas para determinar si una plaga debería reglamentarse y la intensidad de cualesquiera medidas fitosanitarias que han de adoptarse contra ella.
Análisis de secuencias	Conjunto de procesos de análisis que se realizan mediante el uso de programas bioinformáticos (software) en secuencias obtenidas mediante secuenciación, hasta conseguir los resultados específicos buscados por el investigador.
Banco de Germoplasma	Centros para la conservación de recursos genéticos en condiciones adecuadas para mantener la viabilidad del recurso genético. Los Bancos de Germoplasma están capacitados para adquirir material genético (por intercambio, creación, donación y recolección), regenerarlo y multiplicarlo, caracterizar, documentar, conservar y monitorear accesiones, y distribuir el material.
Benchmarking	Herramienta de mejoramiento continuo con la que se genera información dentro de una organización, con el fin de que pueda planificarse, tomar prácticas basadas en experiencias y buenos resultados obtenidos por otras organizaciones en el tiempo.
Bioseguridad	Conjunto de normas, medidas y protocolos que son aplicados en investigación científica y laboratorios para contribuir a la prevención de riesgos o infecciones derivadas de la exposición a agentes potencialmente infecciosos o con cargas significativas de riesgo biológico, químico y/o físico.
Clonación	Procedimiento de laboratorio que permite obtener una o varias copias genéticamente iguales de un determinado material biológico (genes, células, tejidos u organismos) a partir del mismo. La clonación molecular permite aislar y multiplicar un determinado gen o fragmento de éste; y la clonación celular permite obtener una población de células idénticas, a partir de una única célula.
Crioterapia	Técnica de saneamiento vegetal que consiste en la exposición de meristemos vegetales a temperaturas extremadamente bajas, para erradicar virus que puedan afectar al individuo.
Cuarentena Posentrada (CPE)	Confinamiento oficial de artículos reglamentados para observación e investigación, o para inspección, prueba o tratamiento adicional aplicado después de su entrada.

Cultivo de anteras	Técnica de cultivo *in vitro* que permite generar líneas homocigotas mediante poblaciones segregantes, doblamiento cromosómico de polen haploide y la regeneración de plantas en un ciclo de cultivo *in vitro*. Consiste en cultivar asépticamente anteras inmaduras en un medio de cultivo de inducción, en que las micrósporas competentes originan callos que luego pueden ser cultivados en un medio adecuado para la regeneración de plantas.
Cultivo *in vitro* (convencional, inmersión temporal)	Conjunto de técnicas que permiten el cultivo de explantes vegetales en condiciones asépticas de órganos, tejidos, células y protoplastos, empleando medios de cultivo artificiales de composición química definida, ajustado a las condiciones necesarias para la obtención de respuestas fisiológicas o morfogénicas que involucran la regeneración de tejidos, órganos y plantas completas.
Diseño de *primers*	Es un procedimiento que utiliza herramientas de bioinformática básica y software bioinformáticos para diseñar secuencias de ácidos nucleicos (*primers*) específicas, para ser utilizados en una reacción de PCR.
Electroterapia	Técnica de saneamiento vegetal que consiste en el uso de corriente eléctrica de determinada intensidad, para evitar el crecimiento de bacterias y virus en especies vegetales.
Estación cuarentenaria	Estación reconocida oficialmente para mantener material vegetal bajo cuarentena.
Fenotipificación	Proceso que permite determinar el fenotipo (rasgos particulares y genéticamente heredados) de un individuo, como elementos físicos y morfológicos.
Hibridación Molecular No Radiactiva	Técnica basada en la desnaturalización del material genético que permite detectar y aislar moléculas de DNA o RNA específicas (secuencia objetivo) en una mezcla compleja que contiene numerosas moléculas similares, generalmente obtenidas con enzimas de restricción a través de una sonda, un fragmento corto de ácido nucleico de secuencia conocida y complementaria a la secuencia objetivo.
Hibridación Molecular Radiactiva	Técnica de hibridación molecular en que la sonda está marcada radiactivamente para permitir su detección.
LAMP (Técnica de amplificación isotérmica mediada por bucle)	Técnica de amplificación de ADN o ARN potencialmente rápida, precisa y rentable para la detección de microorganismos. Se ha utilizado con éxito para detectar enfermedades virales, así como agentes patógenos virales. Se basa en el uso de PCR y utiliza de 4 a 6 partidores: los partidores externos, que hibridan con las regiones externas de la secuencia diana; y los internos, que poseen secuencias en ambos sentidos para la formación de bucles de doble cadena que luego es detectada por diferentes métodos.

Marcadores moleculares	Son fragmentos de ADN utilizados como herramienta para análisis genéticos. Algunos están basados en hibridación (RFLP, microsatélites y minisatélites) y otros en PCR (EST, RAPD, SSR, AFLP, SNP, etc).
Medidas fitosanitarias	Cualquier legislación, reglamentación o procedimiento oficial que tenga el propósito de prevenir la introducción o dispersión de plagas cuarentenarias o de limitar las repercusiones económicas de las plagas no cuarentenarias reglamentadas.
Microinjertación	Técnica de cultivo in *vitro* utilizada para el saneamiento de plantas infectadas por virus. Consiste en implantar asépticamente un ápice meristemático (injerto) sobre un epicotilo (patrón) decapitado, obtenido de una planta originada de una semilla, y cultivarlo en un medio nutritivo adecuado para su desarrollo.
Microscopía de fluorescencia	Técnica microscópica basada en un proceso de interacción entre la radiación y la materia, en que la segunda absorbe radiación de una fuente específica y emite luz de forma rápida, con una radiación menor (mayor longitud de onda) a la que ha absorbido. Permite estudiar procesos celulares y la interacción de moléculas in vivo, localización de moléculas específicas y diferenciación de partículas pequeñas. Es utilizada en serología para el diagnóstico de bacterias fitopatógenas.
Microscopía óptica	Proceso que permite determinar el fenotipo (rasgos particulares y genéticamente heredados) de un individuo, en base a sus características físicas y morfológicas.
NC-ELISA	Variante del Test de ELISA que utiliza discos de membrana de nitrocelulosa (NC) como fase sólida de alta capacidad para la detección de fitopatógenos.
Northern Blot	Técnica molecular de hibridación utilizada para la detección de secuencias específicas de ARN, a partir de una mezcla compleja de ácido ribonucleico previamente extraído.
Organización nacional de protección fitosanitaria (ONPF)	Organismo oficial encargado en cada país de regular, establecer y velar por el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios de importación o exportación de materiales vegetales desde y hacia él, con el fin de mantener un nivel adecuado de protección ante el posible ingreso de plagas riesgosas.
PCR Convencional	Esta técnica permite generar varias copias de un segmento de ADN específico, utilizando ciclos de temperatura que desnaturalizan el ADN, partidores y una enzima polimerasa termófila.
PCR Duplex (Reacción en cadena de la polimerasa doble)	Técnica basada en los principios de la PCR múltiple. Consiste en la amplificación simultánea de 2 fragmentos de ADN de diferente tamaño desde una misma región del genoma, utilizando 3 partidores (1 común y 2 específicos).

PCR Multiplex (Reacción en cadena de la polimerasa múltiple)	Técnica por la cual diferentes fragmentos de ADN son amplificados mediante múltiples reacciones que logran desencadenar una única reacción con diferentes secuencias.
PCR Nested (Reacción en cadena de la polimerasa anidada)	Variante de PCR que comprende dos rondas de amplificación con distintos pares de cebadores cada una. La primera reacción utiliza los cebadores externos para amplificar una región de ADN más extensa (contiene el segmento diana). Después este producto de amplificación se utiliza como molde de una segunda reacción con los partidores internos para amplificar la región específica.
PCR RFLP (polimorfismo de longitud de fragmento de Restricción)	Técnica basada en el polimorfismo genético, que, a través del corte del ADN con endonucleasas de restricción de los productos amplificados por PCR y posterior uso de electroforesis, permite visualizar las diferencias de tamaño de corte entre un control y una muestra.
Proteómica	Es el estudio a gran escala de las proteínas, con especial énfasis en su estructura y función.
Pruebas Microbiológicas	Conjunto de procedimientos y técnicas complementarias empleadas para establecer la etiología del agente responsable de una enfermedad infecciosa (patógeno), para así proceder a su tratamiento o tomar las medidas correspondientes para evitar su diseminación.
qPCR (PCR cuantitativo)	Técnica utilizada para amplificar y simultáneamente cuantificar el nivel de expresión de un gen en una condición determinada. Es usado para realizar análisis comparativos entre un nivel basal (situación control) y una condición evaluada.
Quimioterapia	Técnica de saneamiento vegetal que consiste en la aplicación de sustancias antivirales (principalmente Ribavirina) en el medio de cultivo de los tejidos.
Rescate de embriones	Técnica de cultivo in vitro que consiste en aislar embriones cigóticos desde los óvulos de una planta o de una semilla inmadura, y cultivarlos asépticamente en un medio nutritivo adecuado que permita concluir su desarrollo normal y germinar, hasta obtener una planta viable.
Rondas interlaboratorios	Jornadas en las que se distribuye material de ensayo entre un número determinado de laboratorios, para aplicar técnicas de análisis de materiales y retroalimentarse de la experiencia y resultados obtenidos. Las rondas permiten validar a los laboratorios cuando estos resultados son iguales a los de prestigio local o a los de laboratorios extranjeros si las rondas internacionales. Además, se puede verificar si los equipos de laboratorio están bien calibrados.
RT-PCR	Variante del PCR convencional que consiste en realizar una transcripción reversa a partir de ARN para sintetizar el ADN complementario, que posteriormente es amplificado por PCR convencional.

Secuenciación	Proceso en el que se realiza una lectura del material genético (ADN o ARN) para determinar el orden preciso de los nucleótidos (adenina, guanina, tiamina y citosina) en una pieza de ADN de una muestra biológica. La secuenciación puede requerir de variadas técnicas o plataformas, según el tipo de secuenciador a utilizar.
Secuenciación Masiva (*Deep Secuencing*)	Es una técnica de lectura de ADN de alto rendimiento basada en tecnologías nuevas y potentes que permiten la secuenciación de miles de millones de nucleótidos en múltiples individuos en una sola ejecución, lo que se traduce en un abaratamiento de costos y tiempo de los experimentos.
Southern Blot	Técnica molecular de hibridación utilizada para la detección de secuencias específicas de ADN, a partir de una mezcla compleja de ácido desoxirribonucleico, previamente extraído y digerido con enzimas de restricción.
Técnica Botmon	Técnica fitopatológica de segregación que permite determinar la colonización de *Botrytis cinerea*, utilizada actualmente en kiwi. Consiste en sembrar restos florales (sépalos y receptáculo) obtenidos de frutos de kiwi en un medio de cultivo específico por un período y temperatura establecida, para determinar de forma visual la frecuencia de tejidos colonizados por este patógeno.
Termoterapia	Técnica basada en el uso de diferentes tratamientos de temperatura (30°C - 40°C) por variados lapsos de tiempo, para eliminar patógenos desde plantas completas u órganos.
Test ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay es una técnica utilizada en la detección de fitopatógenos basada en el uso de anticuerpos para detectar antígenos específicos. Es una técnica rápida, de sensibilidad intermedia, específica y de fácil ejecución. Permite analizar un gran número de muestras a la vez.

1. RESUMEN EJECUTIVO

El sector exportador frutícola chileno, tiene la necesidad de realizar recambios varietales con el propósito de mantener la competitividad internacional de la industria. Sin embargo, se han identificado limitaciones en los procedimientos de importación y en los riesgos fitosanitario, que pueda presentar el material a importar. Chile no tiene establecidos procedimientos de importación de material vegetal con fines de investigación, lo que limita el proceso de cuarentena posentrada de los materiales importados, o bien, que no cuentan con requisitos fitosanitarios establecidos por el SAG para su ingreso al país.

Se analizaron comparativamente las regulaciones y procedimientos asociados al procedimiento de importación de material vegetal con fines de investigación aplicados por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) de Australia, Estados Unidos, Nueva Zelandia y Brasil. Los procesos asociados a la importación de material vegetal en Chile, no presentan grandes diferencias, en cuanto a procedimientos, con respecto a los países en estudio. Sin embargo, Chile carece de una regulación para la importación de material vegetal con fines de investigación, como elemento clave para el mejoramiento genético de especies y el recambio varietal en el sector frutícola.

La legislación en Chile, para la importación de material vegetal, contenida en la Resolución Nº 3.815/2003, no contempla un procedimiento exclusivo para la importación de material vegetal con fines de investigación. La resolución vigente regula el material de propagación, que permite a los importadores, contar en tiempos más acotados, material sano para sus investigaciones y emprendimientos.

Chile se destaca por que sus recursos fitogenéticos, cuentan con un alto grado de endemismo, debido a la heterogeneidad de su territorio, lo que le entrega un patrimonio genético estratégico para el desarrollo de la industria frutícola. Debido a presiones antrópicas y naturales que afectan la diversidad y calidad de estos recursos, resulta clave conservar los recursos fitogenéticos.

La Red Nacional de Bancos de Germoplasma de Chile (Res. N° 577/2013-Subsecretaria de Agricultura), está constituida por instituciones públicas y privadas, cuyo interés es contribuir a la conservación *ex situ*, así como a la promoción y difusión del uso de la información y recursos genéticos conservados. La Red está integrada por el Ministerio de Agricultura, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Instituto Forestal (INFOR), el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), la Universidad de Chile (UCH), el Jardín Botánico Chagual, la Universidad Austral de Chile (UACH), la Asociación Gremial de Vinos de Chile a través de su Consorcio, I+D Vinos de Chile S.A.

Chile cuenta colecciones en campo, que conservan principalmente germoplasma de especies frutales, forestales y ornamentales. Además, se conserva *ex situ* alrededor de

67.313 accesiones de 598 especies. El 88% del total de accesiones conservadas corresponden a 259 especies cultivadas y/o de importancia para la alimentación y la agricultura.

En relación a las especies frutales y de acuerdo a la plataforma de la Red de Información de Recursos de Germoplasma Global (GRIN GLOBAL), Chile a través del INIA registra y mantiene un total de 195 accesiones de sólo 3 géneros de importacia para este estudio: *Prunus*, *Malus* y *Vitis* spp.

Con la finalidad de conocer la situación actual con respecto a capacidades técnicas y analíticas de Centros y/o Laboratorios chilenos, así como el funcionamiento de estos, se realizó un levantamiento de información para poder profundizar en el tema y poder tener conocimiento acabado sobre importadores de germoplasma frutal y sus capacidades.

Se realizó un levantamiento de información sobre las capacidades técnicas y analíticas de los Centros y/o Laboratorios chilenos, tanto públicos como privados, que importan o han importado germoplasma frutal. El catastro además contiene información acerca de los Centros de Investigación, laboratorios y estaciones cuarentenarias capacitados y dotados para realizar detección y diagnóstico, cuarentenas y saneamiento de material vegetal, como actores activos de Consorcios o asociaciones que están desarrollando programas y proyectos de mejoramiento genético de frutales de importancia económica.

Se identificó y seleccionó un total de 40 instituciones que suman un total de 54 laboratorios, de las cuales un 30,51 % corresponde a universidades, 25,42% a Corporaciones de Derecho Privado, 15,25% a organismos estatales, 8,47% laboratorios, 8,47% a viveros, 6,78% a Centros de Investigación y un 5,08% a Consorcios. Concentrándose mayoritariamente en la Región Metropolitana. Las respuestas que se obtuvieron fueron de un 65% del total de laboratorios, siendo el sector público el que mayor respuesta entregó.

Del total de instituciones consideradas, el 54,24% son de carácter público, un 40,68% de carácter privado y un 5,08% de carácter público-privado. El grupo de instituciones públicas lo integran SAG, INIA, Universidad de La Serena (ULS), Universidad de Chile (UCH), Universidad de Talca (UTAL), Universidad de la Frontera (UFRO), Universidad de Concepción (UDEC) y Universidad Austral (UACH), Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF), Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) y Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables (CREAS). Las entidades privadas corresponden a la Pontificia Universidad Católica (PUC), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Universidad Nacional Andrés Bello (UNAB), Universidad Arturo Prat (UNAP), Universidad Mayor (UMAYOR), Universidad Católica de Temuco (UCT), Universidad Católica del Maule (UCM), Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), Centro de Genómica Nutricional Agroacuícola (CGNA), Centro Agrícola de Evaluación Rosario (CER), Centro de Investigación e Innovación Concha y Toro-Fraunhofer Chile Research, Agrolab, AySLab, Diagnofruit, Andes New Varieties Administration (ANA), Bluesciences, Federación para el Desarrollo Frutícola (FDF), Univiveros, Vivero Hijuelas y Vivero La Palma. Por último, las

instituciones público-privadas corresponden al Consorcios del Vino, al Consorcio de la Fruta y el Consorcio Biofrutales.

Se concluye que existe la necesidad de internar germoplasma frutal con fines de investigación, para lo cual deben establecerse procedimientos que respondan al requerimiento de la industria, el mundo científico y la bioseguridad del país.

Las plataformas web que sustentan el procedimiento de importación de material vegetal en Chile deben responder a las necesidades de los importadores y desarrollar sistemas informáticos transparentes, didácticos y con altos estándares de trazabilidad.

Chile debe elevar a categoría de suma importancia el intercambio de germoplasma internacional, debido a la necesidad de avanzar científicamente en el área de la investigación del mejoramiento genético, el desarrollo de métodos de diagnósticos y servicios de saneamiento para plagas cuarentenarias, manteniendo la premisa fundamental de conservación y protección de nuestro patrimonio fitosanitario.

El intercambio de germoplasma debe realizarse por aquellas instituciones que cuenten con sitios confinados necesarios para realizar la cuarentena de los materiales importados, y que adquieran el compromiso de cumplir los requisitos fitosanitarios vigentes, la investigación y la prevención de plagas de importancia económica.

2. BENCHMARKING

2.1 INTRODUCCIÓN

Chile es el principal exportador de fruta fresca del hemisferio sur, y quinto en el mundo, se destaca principalmente por productos como la uva de mesa, arándanos, ciruelas y cerezas (GroupAgro, 2017). A pesar de ello, los volúmenes de exportación disminuyeron el pasado 2017 en comparación con el año 2016 (Fedefruta, 2018). Esta disminución se debe, entre otros factores de mercado, a que los compradores de fruta fresca chilena están imponiendo constantemente estándares cada vez más altos de calidad en los productos que demandan y a los procedimientos asociados a la exportación (ASOEX, 2018).

El sector exportador de fruta fresca chileno tiene el desafío de renovar sus variedades con el fin de obtener productos más atractivos y acordes a las nuevas demandas del mercado internacional de fruta fresca (BlueBerries, 2017). Los proyectos y programas, que incluyen en sus líneas de trabajo el mejoramiento genético y recambio varietal, requieren la autorización del SAG para importar germoplasma frutal de interés con fines de investigación (MINAGRI *et al*., 2003).

Actualmente, sólo el material certificado y/o proveniente de centros acreditados por el SAG ingresan al país a través de la aduana, y puede ser utilizado en este tipo de programas o para propagación y adaptación en el país. Todos los casos, diferentes, que no se ajusten a

la regulación actual aplicada por el SAG, no ingresa al país y es retenido en la aduana, para ser devuelto al lugar de origen y/o destruido, debido a la posibilidad de portar plagas que puedan dañar el desarrollo de los recursos naturales nacionales. Este procedimiento, genera pérdidas de germoplasma, que muchas veces posee características únicas, que pueden ser heredadas en las nuevas variedades vegetales que se desea generar, inhibiendo la competitividad de los programas de mejoramiento chilenos a nivel mundial.

Chile debe adaptarse a la demanda de la industria científica, tecnológica y productiva, considerando y cuidando su patrimonio fitosanitario. Las actuales regulaciones y procedimientos de importación de material vegetal que se aplican en Chile deben buscar nuevas estrategias para la importación de material vegetal con fines de investigación que puedan ser asimiladas a partir de la experiencia de países referentes en el mejoramiento genético de especies frutales.

2.2 OBJETIVOS

Realizar un Benchmarking de la normativa de importación de material vegetal de Chile, con las de Estados Unidos, Australia, Nueva Zelandia y Brasil, respecto a los procedimientos de importación y saneamiento de germoplasma frutal, especialmente con fines de investigación.

2.3 METODOLOGÍA

El Benchmarking es una técnica basada en un proceso sistemático y continuo, que permite evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de organizaciones que evidencien prácticas destacables en algún área o rubro de interés (Comité de industrias energéticas, 2007). En este estudio, se identificaron y caracterizaron los sistemas regulatorios, procedimientos, metodologías y disposición de material genético importado, de Estados Unidos, Australia, Nueva Zelandia y Brasil, referentes a nivel mundial, y que puedan ser asimilados a la realidad de Chile, con el fin de actualizar y/o mejorar la regulación nacional.

Para realizar el análisis comparativo, se definieron criterios, los que se consideraron relevantes y comparables, dada las diferencias políticas, económicas y/o culturales que pueden presentar los países referentes, en relación a Chile. Los criterios definidos fueron:

1. **Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF)**: Corresponde a la ONFP presente en cada país, encargada de regular, establecer y velar por el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios de importación o exportación de materiales de propagación desde y hacia él, con el fin de mantener el nivel adecuado de protección ante riesgos de ingreso de plagas. Se compararon las características generales de las ONPF de los cuatro países bajo estudio, considerando su experiencia en la regulación de importaciones de material vegetal y los recursos monetarios que han destinado a esta actividad en los últimos años.

2. **Importación de material vegetal con fines de investigación**: La importación de material vegetal con fines de investigación es un elemento clave para el mejoramiento genético de especies o el recambio varietal en el sector agrícola chileno (Melgar *et al*., 2008). Por ello, es relevante analizar y comparar las regulaciones y procedimientos que presentan Australia, Estados Unidos, Nueva Zelandia, Brasil y Chile para la importación de materiales vegetales destinados a diversos propósitos, especialmente con fines de investigación.

3. **Sistemas de Cuarentena Posentrada (CPE)**. Se compararon los CPE que posee cada país, considerando los criterios de clasificación que aplican para organizarlos (niveles de cuarentena, subniveles, cuarentena especial para plantas o partes de plantas, entre otros).

4. **Acceso y calidad de la información para el importado**. Facilidad de acceso a información de calidad sobre: regulaciones, procedimientos y requisitos fitosanitarios para la importación de material vegetal, especialmente con fines de investigación. Se compararon las herramientas que utilizan los países para poner a disposición de los importadores esta información de forma clara y oportuna, considerando posibles barreras de vocabulario técnico e idioma.

5. **Costos asociados al proceso de importación**. Es la tarifa asociada a cada etapa del proceso de importación de material vegetal, desde que el importador obtiene el permiso de importación hasta que el material ingresa al país de destino, es liberado y queda disponible para su utilización, o bien, es rechazado y destruido o reembarcado a su país de origen. El proceso de importación puede incluir la solicitud y permiso de importación, análisis de riesgo de plagas, la contención e inspección del material en algún nivel de cuarentena posentrada, la aplicación de tratamientos de saneamiento, la liberación, destrucción o reembarque del material importado, entre otros.

   Bajo este criterio, se compararon las principales tarifas de importación y otros gastos adicionales asociados al proceso en cada país analizado, identificando en cada caso la proporción del gasto que deben asumir los importadores.

6. **Tiempo del proceso de importación de material vegetal con fines de investigación**. Corresponde al tiempo que tarda una solicitud de importación en ser resuelta por la ONPF de cada país bajo análisis y en ser notificado el importador sobre tal resolución. La respuesta de la solicitud del permiso de importación puede ser positiva, en cuyo caso se concede al importador la autorización para internar el material, o negativa, en cuyo caso se niega el permiso de importación o, si el material ya ha sido importado, se debe destruir o reembarcar a su país de origen.

7. **Puntos de ingreso de artículos reglamentados.** Se refieren a los primeros puntos de ingreso con los que cuenta cada país para recibir artículos reglamentados, entre el que

se encuentra el material vegetal proveniente de otros países (MINAGRI, 2016). Los puntos de ingreso pueden ser aéreos, marítimos o terrestres, según la geografía de los territorios nacionales.

8. **Acuerdos con otros países para importar material vegetal**. Acuerdos o convenios entre países para importar materiales vegetales provenientes de centros reconocidos y certificados por las ONPF de los países de destino, especialmente de aquellos materiales con fines de investigación. Estos acuerdos permiten reducir los tiempos de importación y los costos en que deben incurrir Estados, importadores e investigadores, así como garantizar la calidad genética y fitosanitaria del material importado. Se comparó el número de acuerdos o convenios que mantiene cada país, así como de centros reconocidos por ellos.

Para la recopilación y revisión de información, se consultaron fuentes secundarias tales como publicaciones oficiales (documentos legislativos y normativos), manuales, reportes anuales, artículos científicos, bases de datos en línea, censos poblacionales, y sitios web oficiales del SAG de Chile, el Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos de Australia, el Departamento de Agricultura - Servicio de Inspección de Salud Animal y Vegetal (USDA-APHIS) de Estados Unidos, y el Ministerio de Industrias Primarias de Nueva Zelandia. Además, se obtuvo información primaria a partir de reuniones con profesionales y encargados del Departamento de Regulación y Certificación Fitosanitaria y del Subdepartamento de Regulaciones Fitosanitarias de Importación del SAG, así como de contactos vía correo electrónico con personal de ONPF extranjeras, con el fin de aclarar dudas y obtener información no disponible públicamente.

2.4 ELECCIÓN DE LOS PAÍSES DEL BENCHMARKING

La adaptación de las regulaciones y procedimientos de importación de material vegetal de propagación en Chile, a la necesidad de internar germoplasma frutal con fines de investigación, se realizó mediante un análisis comparativo de las regulaciones y procedimientos de importación de otros países. Los criterios utilizados para seleccionarlos fueron (De Abreu *et al*., 2006):

I. Competidores directos de Chile en la exportación de fruta fresca, que comparten algunas de las principales especies exportadas (De Abreu *et al*., 2006).
II. Cuentan con condiciones geográficas similares a las de Chile (CIPF, 2013).
III. Existe información disponible asociada a procedimientos de importación de material vegetal (De Abreu *et al*., 2006).
IV. Cuentan con soluciones o alternativas para la importación de material vegetal con fines exclusivos de investigación (De Abreu *et al*., 2006).

Se consideraron en el análisis países líderes en la exportación de frutas y/o sistemas de bioseguridad, algunos de los cuales fueron sugeridos por la oficina del SAG de Chile, institución con experiencia en el estudio de los sistemas regulatorios de aquellos países con

los que Chile mantiene relaciones y tratados comerciales.

Se seleccionaron Estados Unidos, Australia, Nueva Zelandia y Brasil, por cumplir más de una de las condiciones señaladas:

2.4.1 Estados Unidos

El sector exportador de fruta fresca de Estados Unidos alcanzó al año 2017 los USD 4.700MM, más de un 4%, que el del período 2016. Estados Unidos exporta principalmente manzanas, naranjas, plátanos y uvas a destinos como Asia, China, Hong Kong y Japón (Fruit Growers News, 2017).

Estados Unidos cuenta con los océanos Pacífico y Atlántico como principales límites fronterizos, limitando también con Canadá y México (Oficina de información diplomática, 2018). Al ser uno de los países más grandes del mundo y uno de los cuatro que más superficie cubren en el planeta, Estados Unidos cuenta con una gran diversidad de climas, tales como tundra, boreal, continental húmedo, seco, marítimo, mediterráneo y subtropical húmedo y seco, que permite el desarrollo de una amplia gama de especies vegetales (La Guía, 2007).

El USDA-APHIS de Estados Unidos, se encarga de velar por la bioseguridad vegetal y proteger la salud y valor de la agricultura, y los recursos naturales del país (USDA, 2018). Para ello, ha establecido una serie de requisitos y medidas fitosanitarias para la importación de material vegetal, contando con regulaciones específicas para la importación de material vegetal de investigación. La importación de material vegetal con ese fin se encuentra regulada por el Título 7 CFR, parte 300, del Código de Regulaciones Federales. La importación se inicia con el envío de una solicitud de "Permiso de Importación Controlado" que permite obtener la autorización de APHIS (USDA, 2017b).

2.4.2 Australia

En la temporada del año 2017 la exportación de frutas frescas y hortalizas australianas tuvo un aumento de un 3,4%, con un valor exportado de AUD 1,2 billones (Fresh Intelligence Consulting, 2017). Entre las especies frutales exportadas destacan las uvas, naranjas, mandarinas, guindas y duraznos/nectarines, con un total de 106.841, 164.585, 52.498, 2.462 y 9.023 toneladas en la temporada 2016-2017, respectivamente. La exportación de fruta fresca experimentó en ese período un aumento de un 2,2%, respecto al periodo anterior. El principal destino de la producción australiana es el mercado asiático, constituido por China, Hong Kong, Japón e Indonesia (Fresh Intelligence Consulting, 2017).

Australia, al ser una isla, se encuentra protegido geográficamente del ingreso de plagas y enfermedades (Cisneros, 1995). Además de su condición de isla, cuenta con 3 tipos de clima (desértico cálido, clima marítimo y de sabana tropical) que ayudan a limitar el ingreso de plagas (Petit, 2016).

El Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos de Australia, es el organismo encargado de velar por la bioseguridad del país, y gestionar aquellos riesgos que puedan afectar negativamente a la agricultura, medio ambiente, salud animal y humana (Department of Agriculture and Water Resources, s.f.).

Para manejar el riesgo fitosanitario que representan las importaciones de materiales vegetales, la Ley de Bioseguridad del año 2015, que establece requisitos y medidas fitosanitarias que los importadores deben cumplir. Específicamente, Australia cuenta con un sistema estandarizado para la importación de material vegetal con fines de investigación, que se inicia elevando una solicitud a la plataforma en línea "BICON", señalando las características del material a importar y su propósito (Department of Agriculture And Water Resources, 2018).

2.4.3 Nueva Zelandia

Nueva Zelandia basa su exportación de fruta fresca predominantemente en kiwis, manzanas y paltas, cuyos principales destinos son Australia, Europa continental, Estados Unidos, Japón y China, el mercado asiático se lleva el 40% de las exportaciones. La exportación de fruta fresca al año 2017 alcanzó los NZD 2.658,4MM FOB (Plant and Food Research, 2017).

Nueva Zelandia es una isla que limita con el Océano Pacífico sur y con el Mar de Tasmania, los que actúan como barrera natural al flujo de plagas y enfermedades que puedan afectar los recursos naturales locales (Amago, 2000). Climáticamente, Nueva Zelandia se caracteriza por ser un territorio poco variado, del tipo oceánico y subpolar oceánico (Climate data, s.fb.), idóneo para el desarrollo de las principales especies de fruta fresca de exportación.

El Ministerio de Industrias Primarias (MPI) de Nueva Zelandia se encarga de administrar y aplicar la Ley de Bioseguridad para resguardar la importación de materiales vegetales, la seguridad alimentaria y la bioseguridad del país; y gestionar la protección y respuesta frente a plagas y pestes, servicio de cuarentena y servicios de información (MPI, 2018). La importación de material vegetal con fines de investigación cuenta con procedimientos específicos, a través de un formulario de solicitud diferenciado. Este formulario recoge los datos del importador y exportador, el uso que se dará al material, su origen, las características de la especie, tipo de cuarentena que requiere y detalles del pago del trámite de importación (MPI, 2015).

2.4.4 Brasil

Las principales especies frutales que exporta Brasil corresponden a melones, mangos, plátanos, limones, manzanas y uvas. La Unión Europea es uno de los principales destinos de la producción de fruta fresca brasilera, destacándose Holanda, Inglaterra y España como los

principales destinos. Además, es importante mencionar que aproximadamente la mitad de la producción de plátanos que tiene Brasil se comercializa dentro de Sudamérica (ITC, 2012).

Brasil limita con Argentina, Bolivia, Colombia, Uruguay, Paraguay, Perú, Guyana, Suriname y Venezuela (Atlas media, 2016). El clima brasilero no se asemeja al chileno, ya que en este país predomina un clima del tipo sabana tropical (Climate data, s.fa.). Sin embargo, es posible encontrar también climas del tipo subtropical húmedo, oceánico, semiárido caliente y tropical del monzón (Climate data, s.fa.), que permiten el desarrollo de especies vegetales tropicales, como lo es el bosque tropical lluvioso (La Guía, 2008).

A pesar de la diferencia climática con los países en estudio, Brasil se considera un país referencia, como exponente sudamericano, acercándose al contexto chileno por su ubicación geográfica (Gallardo *et al*., 2012).

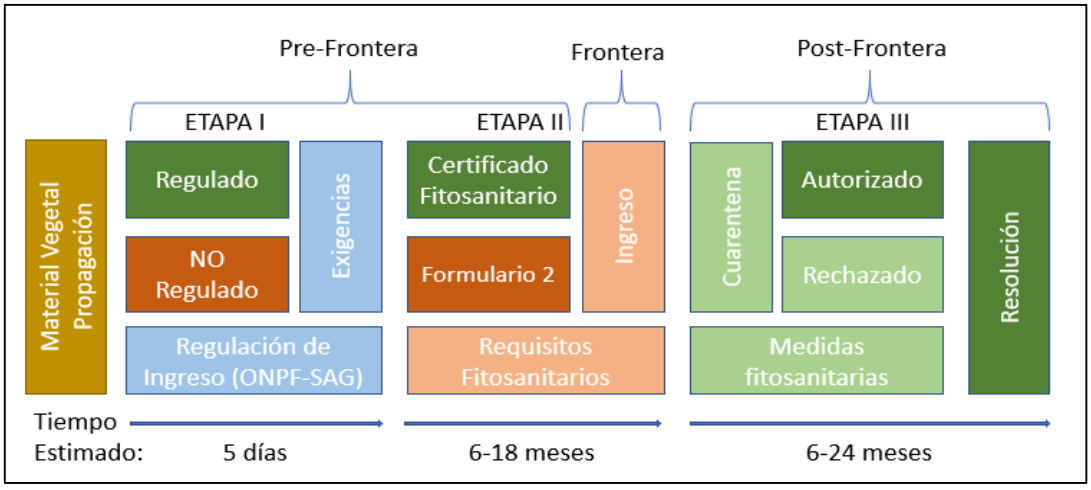
El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) de Brasil es el organismo oficial encargado de velar por el cumplimiento de su Ley de Bioseguridad, decretos e instrucciones normativas que regulan el ingreso y manejo de material vegetal importado (Rech, 2017). Es importante destacar que, además de contar con una regulación general para la importación de material vegetal, Brasil cuenta con un procedimiento específico que regula el ingreso de material vegetal con fines de investigación (Instrucción Normativa Nº1), por medio de un formulario de solicitud para este tipo de materiales (MAPA, 1998).

2.5 ETAPAS DEL PROCESO DE IMPORTACIÓN DE CHILE Y SUS PUNTOS CRÍTICOS

2.5.1 Etapas del proceso de importación

El procedimiento de importación de material vegetal en Chile, integrado en la Figura 1, se elaboró en base a información bibliográfica (Resolución Nº 3.815/ 2003) y consultas al SAG.

Figura 1. Diagrama general del proceso de importación de material vegetal de propagación en Chile.



Fuente: Elaborado en base a información bibliográfica y consultas al SAG (2018).

La **Etapa I** tiene lugar en "Pre-Frontera" y consiste en el proceso de consulta al que puede optar cualquier interesado en importar material vegetal, para verificar si el material de interés tiene o no requisitos fitosanitarios establecidos por el SAG para su ingreso al país (MINAGRI *et al*., 2003). Esta acción se realiza completando el Formulario N°1 del SAG y es especialmente útil cuando el interesado desconoce los procedimientos de importación y no sabe cómo comenzar. Si el material no tiene requisitos fitosanitarios establecidos, el SAG proporciona al interesado el Formulario N°2, a través del cual puede presentar toda la información científica oficial acerca del material de interés, proporcionada por la ONPF del país de origen (SAG, s.f.). Con esta información, el SAG puede iniciar un Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) con el fin de establecer los requisitos fitosanitarios para el ingreso del material, o bien, rechazarlo debido al alto riesgo fitosanitario que representa (SAG, s.f.). Este procedimiento de consulta no tiene un costo asociado, a menos que el SAG emita una resolución (0,25 UTM; SAG, 2018). Además, es rápido ya que el SAG responde la solicitud efectuada por medio del Formulario N°1 en un período aproximado de 5 días hábiles (SAG, 2018).

La **Etapa II** tiene lugar en "Pre-frontera" y "Frontera" (SAG, 2018). En Pre-frontera, esta etapa consiste en la obtención de la documentación necesaria para importar el material de interés. Estos documentos, si el material está regulado en Chile, corresponden a un Certificado Fitosanitario emitido por la ONPF de origen y un Certificado de Destinación Aduanera, los cuales deben ser presentados en el punto de ingreso habilitado al momento de la inspección visual del material, trámite que tarda aproximadamente 15 días (SAG, s.f.).

En el caso que el material no esté regulado, el SAG puede iniciar un ARP con la información proporcionada por el interesado a través del Formulario Nº2 y elaborar las medidas fitosanitarias para el nuevo material (tipo de materia y/u origen) a ingresar (SAG, s.f.). El ARP y la elaboración de las nuevas regulaciones por parte del SAG demoran entre 6 a 18 meses aproximadamente (SAG, 2018). Una vez aprobados los nuevos requisitos fitosanitarios para ese material, previa consulta pública a nivel internacional (OMC), el SAG emite una resolución que luego es publicada en el Diario Oficial. Este proceso puede hacer que el establecimiento de requisitos fitosanitarios para la internación de un material no regulado pueda abarcar un período de 2 años en total e incluso más (SAG, 2018).

Durante el proceso de tramitación de la documentación requerida para la importación, el importador debe informar al SAG el lugar de cuarentena donde ingresará el material (SAG, 2018), el cual posteriormente es visitado y evaluado con el fin de determinar si el sitio cumple los requerimientos fitosanitarios de resguardo. En caso de que el lugar propuesto por el importador represente un riesgo muy alto para realizar la cuarentena, se debe postular a cubículo en la ECA SAG (SAG, 2018). La reserva del cupo de cuarentena en la ECA SAG tarda aproximadamente 10 días, desde que se envía la solicitud correspondiente (SAG, 2018). Si el material proviene de un centro reconocido por el SAG en el extranjero donde ya cumplió cuarentena, el importador debe presentar la documentación correspondiente para que el material ingrese directamente al país, o bien, sea enviado a una cuarentena abreviada en la ECA, como mínimo tres meses.

En la etapa de "Frontera", el material ingresa al territorio nacional a través de puntos habilitados, una vez recepcionada la totalidad de la documentación se procede a la inspección visual del material importado (SAG, s.f.; SAG, 2018). Si no se presentan reparos, se emite un Informe de Inspección de Productos Agropecuarios (IIPA) que indica el estado final del envío (MINAGRI *et al*., 2013). De acuerdo con la categoría de riesgo fitosanitario que presente el material, deberá ingresar a distintos niveles de cuarentena posentrada para corroborar su estado fitosanitario.

La **Etapa III** se lleva a cabo en "Post frontera" y corresponde a la estadía en cuarentena del material ya importado para verificar su estado fitosanitario (MINAGRI *et al*., 2003; SAG, 2018). Una vez cumplido el período de cuarentena, que varía según el tipo de material y tiene una duración mínima de 6 a 24 meses (MINAGRI *et al*., 2013), el material es liberado y queda disponible para su uso si se verifica que está libre de plagas cuarentenarias (MINAGRI *et al*., 2003).

Los costos de inspección, muestreo y análisis aplicados durante el procedimiento de importación corresponden fundamentalmente a las horas de funcionario invertidas en los procesos de las cuarentenas a aplicar, por lo que la mayor parte del costo total de importación en Chile es "subsidiado" por el SAG (SAG, 2018).

2.5.2 Identificación de puntos críticos

Chile tiene regulaciones y procedimientos establecidos para la importación de material vegetal basados en estándares internacionales. Sin embargo, es posible identificar "puntos críticos" en sus diferentes etapas importación, que dificultan o retardan el proceso de importación para el SAG y/o los importadores, especialmente cuando se trata de materiales no regulados, que pueden utilizarse con fines de investigación. La identificación de puntos críticos consideró el criterio experto, tanto de profesionales del SAG como de importadores.

Puntos Críticos Etapa I

a. La legislación actual que rige la importación de material vegetal (Resolución Nº 3.815/ 2003 y sus resoluciones complementarias sobre distintos tipos de material y riesgo fitosanitario) no contempla un procedimiento exclusivo para la importación de material vegetal con fines de investigación (sino que se regula como material de propagación), que permita a los importadores contar en tiempos más acotados, y en algunos casos a menor costo, con germoplasma de interés sano para sus investigaciones y emprendimientos. El actor competente para abordar este tema y realizar ajustes normativos oficiales corresponde, en este caso, al Ministerio de Agricultura, a través del SAG (Dirección Nacional y el Departamento de Protección Agrícola).

b. En la primera etapa, algunos importadores han expresado tener dificultades para acceder de forma rápida a las regulaciones y requisitos fitosanitarios específicos del material que desean importar (primero comprobando si los tiene). El proceso de

consulta mediante el Formulario N°1 y la presentación de antecedentes del material de interés para solicitar un ARP mediante el Formulario N°2, son mecanismos que actualmente no tienen tiempos definidos de respuesta y no están automatizados. Un sistema en línea para la tramitación de estas solicitudes permitiría facilitar la comunicación entre los importadores y el personal del SAG, dar mayor fluidez a los procesos de consulta, llevar un registro en línea de toda la tramitación realizada y, por tanto, hacer más eficiente la labor y uso de recursos del SAG. Los actores responsables y capacitados para mejorar el acceso y calidad de la información para cualquier interesado en internar material vegetal corresponden al SAG, en colaboración de los importadores.

Puntos Críticos Etapa II

a. Las regulaciones y procedimientos de importación de material vegetal de propagación (Resolución Nº 3.815/2003 y sus resoluciones complementarias), no permiten el ingreso de material sin certificado fitosanitario emitido por la ONPF del país de origen y/o sin requisitos fitosanitarios establecidos en Chile, por ejemplo, para un determinado material, tipo de material y/u origen. Lo anterior genera dos situaciones:

    i. El importador a menudo tiene dificultades para encontrar un servicio en el país de origen que esté dispuesto a realizar los análisis y tratamientos necesarios al material de interés (por lo general se trata de material silvestre con características deseadas por el investigador) y generar un certificado fitosanitario, ya sea por razones económicas, de tiempo o falta de interés del país de origen.

    ii. El importador debe solicitar un ARP al SAG, necesario para establecer en Chile los requisitos fitosanitarios para el material de interés en un plazo que puede extenderse en total por 2 años o más (ARP, consulta pública y publicación de la resolución en el Diario Oficial).

    Las situaciones indicadas, por separado o combinadas, suelen generar retrasos y limitaciones en los proyectos de investigación o programas de mejoramiento genético que requieren de nuevo germoplasma. El actor competente para efectuar cambios que permitan superar estas barreras corresponde al Ministerio de Agricultura, a través del SAG (Dirección Nacional y Departamento de Protección Agrícola).

b. El procedimiento y la tramitación necesaria para la realización de un ARP de un material de interés sin requisitos fitosanitarios en Chile no tiene un plazo definido y el importador desconoce el grado de avance de su caso. Los actores pertinentes para realizar ajustes al respecto corresponden al importador por medio del formulario N°2 o bien al gestionar con el exportador del país de origen el envió de la información respaldada por la ONPF de origen. Asimismo es el SAG el responsable de fiar la fecha de inicio del ARP y fecha aproximada de termino.

Puntos Críticos Etapa III

a. Las regulaciones y procedimientos para el ingreso de material vegetal al país no han sido actualizadas, por ejemplo, incorporando nuevas modalidades para el ingreso de otros tipos de material vegetal (ej: de orígenes desconocidos o material positivo a plagas requerido en ensayos que buscan poner a punto una técnica determinada).

   El actor competente para la posible implementación de estas estrategias corresponde al Ministerio de Agricultura, a través del SAG (Dirección Nacional y Departamento de Protección Agrícola).

b. Los tiempos de las cuarentenas para los materiales de propagación de especies frutales a menudo son extensos (6 a 24 meses), lo que retarda la disponibilidad del material para su uso. Además, no existen regulaciones que permitan hacer uso de los materiales mientras se encuentran en cuarentena, por ejemplo, ensayos de investigación. Recientemente, se están utilizando técnicas de diagnóstico (ej: secuenciación masiva-metagenómica, técnicas aún no validadas cuarentenariamente en el mundo) que podrían acortar significativamente el tiempo de verificación de fitopatógenos en vegetales y disminuir los costos que actualmente significan las cuarentenas, pero aún no están lo suficientemente desarrolladas y masificadas en Chile.

   Los actores pertinentes para abordar este tema son el SAG, importadores, investigadores y personal especialista en detección-diagnóstico de plagas cuarentenarias.

3. BANCOS DE GERMOPLASMA

3.1 MARCO CONCEPTUAL

La conservación de recursos fitogenéticos tiene por objeto preservar, rescatar, mantener, estudiar y utilizar su biodiversidad (Pezoa, 2001). Esta conservación puede realizarse *in situ*, es decir, conservando las especies en su hábitat natural como, por ejemplo, en parques nacionales; o *ex situ*, cuya conservación es fuera de su hábitat natural, pero viable a través del tiempo (FAO, 2014). En la conservación *ex situ*, los recursos genéticos vegetales son representativos de la especie o cultivo, por ejemplo, mediante bancos de semillas, bancos de polen y yemas, bancos de germoplasma in vitro y colecciones vivas (Pezoa, 2001; FAO, 2014).

La conservación *in situ* permite la evolución natural de las especies y, por tanto, el desarrollo de nuevas características genéticas y adaptaciones a diversos cambios ambientales. Sin embargo, es vulnerable a presiones antrópicas y naturales que puedan derivar en erosión genética, es decir, a una pérdida de genes provocada por selección natural y/o humana (Pezoa, 2001).

Desde 1970, las colecciones de germoplasma *ex situ* han aumentado en número y tamaño, ya que no sólo almacenan y preservan el material vegetal, sino que incluyen varias actividades para asegurar su calidad, uso y disponibilidad futura que son:

I. La adquisición de germoplasma mediante recolección, intercambio, donación, mejoramiento genético, etc.
II. La caracterización y evaluación para diferenciar las accesiones o atributos cualitativos o para identificar genes o atributos específicos
III. La regeneración y multiplicación con el objeto de disponer de suficiente material para conservar y utilizar
IV. La documentación, registro, organización y análisis de la información asociada a las colecciones (León y Condon, 2010)

Un tipo de conservación *ex situ* son los bancos de germoplasma, definidos por la FAO como centros para la conservación de recursos genéticos en condiciones adecuadas para prolongar sus vidas (FAO, 2014; Niculcar *et al*., 2015). No obstante esta definición, en este estudio sólo se consideraron los Bancos de Germoplasma reconocidos como tal por los Estados, excluyendo a los bancos de semillas, viveros, jardines botánicos y jardines de variedades (utilizados para el mejoramiento genético de frutales a través de cruzamiento natural), que si bien contribuyen a la conservación de recursos fitogenéticos a corto y mediano plazo, no necesariamente aseguran las condiciones adecuadas para que estos materiales se mantengan sanos y puros genéticamente.

Según el MINAGRI (2014), los requisitos que deben cumplir los Bancos de Germoplasma en Chile son:

I. Adquisición de material genético (por intercambio, creación, donación y recolección)
II. Regeneración y multiplicación del material genético
III. Caracterización y documentación de las accesiones
IV. Conservación y monitoreo de las colecciones
V. Distribución del material

Existen dos tipos de bancos de germoplasma según su función: los activos, cuya conservación es a corto plazo para volver a generar material en caso de ser necesario, y los bancos base, cuya conservación es a largo plazo permitiendo una conservación más íntegra a través del tiempo (MINAGRI, 2014). Algunas colecciones de recursos fitogenéticos se utilizan con el fin de conservar y también para fitomejoramiento, utilizándolos como base para el desarrollo de nuevas variedades cultivables, nuevas tecnologías biológicas o fuentes de material para planes de restauración ecológica, entre otras (Engels y Visser, 2007; Niculcar *et al*., 2015).

Según INIA (2007), las principales características que diferencian un banco de germoplasma de otros tipos de conservación tales como jardines botánicos, viveros y colecciones de

variedades, es que los bancos de germoplasma no responden a las motivaciones de un investigador o una unidad en particular, sino que lineamientos estratégicos. Además, cuentan con una infraestructura que puede garantizar la conservación del material por más de 50 años. Los jardines botánicos y viveros tienen un riesgo mayor asociado a la pérdida de material a causa de factores ambientales, humanos y de mantenimiento.

3.2 BANCOS DE GERMOPLASMA EN CHILE

3.2.1 Antecedentes generales

Chile presenta un gran potencial de recursos fitogenéticos con un alto grado de endemismo, debido a las características geográficas del país (Knudsen, 2000). Presiones antrópicas y naturales afectan la diversidad y calidad de estos recursos, resultando clave conservarlos y el desarrollo nuevas variedades de especies vegetales capaces de adaptarse a entornos más dinámicos y exigentes (MINAGRI, 2014).

El proyecto de Conservación de Recursos Fitogenéticos desarrollado entre los años 1989 y 1995, junto a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA; Knudsen, 2000) dan inicio al estudio de recursos fitogenéticos en el país. Este proyecto se rigió por las directrices establecidas por la FAO, que dan prioridad a la conservación de especies vegetales para la alimentación humana (Pezoa, 2001).

INIA, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Economía formaron una Red de Bancos de Germoplasma sustentado en un sistema en línea, cuyos objetivos son constituir un reservorio de diversidad genética para el desarrollo de nuevas variedades vegetales cultivables que se generen a partir de programas de mejoramiento genético; conservar y utilizar de manera sostenible los recursos genéticos del país contribuyendo a la protección del patrimonio fitogenético de Chile; y aumentar la valorización de los recursos genéticos mediante la investigación (INIA, s.f.). Los materiales conservados en la Red de Bancos de Germoplasma son:

I. Germoplasma de interés científico para el desarrollo de nuevas variedades
II. Líneas puras y genotipos especiales
III. Variedades antiguas, razas locales y variedades obsoletas de cultivos mantenidos por agricultores y comunidades locales
IV. Plantas silvestres de uso actual o con potencial alimenticio, forrajero, medicinal, etc.
V. Especies silvestres nativas o exóticas relacionadas a plantas cultivadas y plantas nativas, endémicas y en riesgo de extinción definidas en listados rojos de floras locales o nacionales (INIA, s.f.).

El Ministerio de Agricultura, INIA, ODEPA, SAG, INFOR, CIREN, CONAF, UCH, UACH, Jardín Botánico Chagual, la Asociación Gremial de Vinos de Chile a través de su Consorcio, I+D Vinos de Chile S.A., acordaron la constitución de la Red Nacional de Bancos de Germoplasma (Res. N°577/2013 de la Subsecretaria de Agricultura). La Red está constituida por las

instituciones públicas y privadas cuyo interés es contribuir a la conservación ex situ y a la promoción y difusión del uso de la información y recursos genéticos conservados en la Red.

León y Condon (2010) indican que Chile cuenta con 29 colecciones en campo, que conservan principalmente germoplasma de especies frutales, forestales y ornamentales. Además, se conserva *ex situ* alrededor de 67.313 accesiones de 598 especies. Del total de accesiones, un 82% se conserva en forma de semillas, un 13% en colecciones de campo y un 5% in vitro. El 88% del total de accesiones conservadas corresponden a 259 especies cultivadas y/o de importancia para la alimentación y la agricultura.

3.2.2 Adquisición y/o solicitud de recursos fitogenéticos

La adquisición de material genético (accesiones de germoplasma) por parte de los Bancos de Germoplasma proveniente de especies cultivadas, material de mejoramiento y especies silvestres se puede realizar mediante colecta, donación, internación, repatriación y creación mediante mejoramiento.

Una vez adquirido el material, las accesiones son procesadas y óptimamente acondicionadas para resguardarlas. El procesamiento de las accesiones incluye su registro, limpieza, secado, envasado y etiquetado.

Para solicitar material genético, los solicitantes deben primero registrarse en el portal web de la Red de Bancos de Germoplasma de INIA e ingresar a la base de datos de la plataforma, en la cual se pueden buscar y seleccionar las accesiones de las especies requeridas. Un encargado de documentación verifica e ingresa la información de los requerimientos y envía al Coordinador de Recursos Genéticos (RR. GG.) y al Encargado del Banco respectivo, un Acuerdo de Transferencia de Material (ATM) o la Notificación de Transferencia de Materiales (NTM) según corresponda. El encargado del banco analiza la solicitud y envía antecedentes al Coordinador de Recursos Genéticos para que resuelva el requerimiento según la política de INIA, quien posteriormente envía una resolución al solicitante (aceptación o rechazo). Si es aceptada se registra el ATM o NTM, se ingresa la solicitud de retiro del material, se confirma la recepción del material y se registra la distribución. En caso que el material sea considerado estratégico, será el Comité Técnico quien resuelva la solicitud (INIA, s.f.; Figura 2).

Figura 2. Procedimiento general para solicitar material vegetal desde la Red de Bancos de Germoplasma de INIA.

Fuente: Elaboración propia con información de la Red de Bancos de Germoplasma de INIA.

La solicitud de acceso a recursos genéticos debe ser realizada por personas jurídicas, ya que sólo excepcionalmente se atienden solicitudes de personas naturales. Cuando los recursos genéticos no están incorporados al Programa de Recursos Genéticos de INIA, su solicitud debe realizarse vía e-mail, carta u oficio, según corresponda, dirigida al Coordinador respectivo. En caso que las solicitudes sean realizadas por el personal del INIA, este requerimiento debe ser enviado por correo electrónico o memo al investigador respectivo, quien deberá resolver la solicitud (INIA, s.f.).

El INIA distribuye germoplasma solo para fines de investigación y desarrollo, por lo que no comercializa ni da acceso a recursos fitogenéticos a aquellos solicitantes que deseen comercializarlos directamente (INIA, s.f.).

3.2.3 Colecciones de especies vegetales

La colección de especies chilena registrada en el sitio web de GRIN GLOBAL contiene sólo información de INIA. También existen otras colecciones de especies vegetales de uso agrícola en Universidades, tales como la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UCH, el Campus Azapa de la Universidad de Tarapacá y la Facultad de Ciencias Agrarias de la UACH (Knudsen, 2000), principalmente de cereales, leguminosas y hortalizas.

En relación a las especies frutales y de acuerdo a la plataforma GRIN GLOBAL, el INIA registra y mantiene un total de 195 accesiones de sólo 3 géneros de importacia para este estudio: *Prunus*, *Malus* y *Vitis* spp. Del género *Prunus*, el duraznero (*Prunus persica*) registra un total de 17 accesiones, de las cuales 13 corresponden al duraznero común y 4 a otras variedades de duraznero. En el caso de *Malus*, el manzano (*Malus domestica*) registra un total de 24 accesiones, de las cuales 21 son del manzano común y 3 de otras variedades de manzano. Finalmente, el género *Vitis* registra un total de 154 accesiones de *Vitis vinifera* (sin especificar variedades), de las que un 50% provienen de la Región de Atacama, un 7% de Antofagasta y un 43% de Coquimbo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Colecciones de especies frutales registradas en GRIN Global y mantenidas por INIA Chile.

Género	Especie/Variedad	Nombre científico	N° de accesiones	Tipo de material	Origen
Prunus	Duraznero	*Prunus persica*	13	Estaca	Sin información
	Nectarino Prisco y/o yema de huevo	*Prunus persica*	1	Estaca	
	Durazno prisco rosado	-	1	Estaca	
	Durazno amarillo	-	1	Estaca	
	Durazno pera cereza y/o pascuina	-	1	Estaca	
Malus	Manzano	*Malus domestica*	21	Estaca	
	Manzana verde	-	1	Estaca	
	Manzana cabeza de niño	-	1	Estaca	
	Manzana delicia	*Malus domestica* var. *red delicious*	1	Estaca	
Vitis	Vid	*Vitis vinifera*	154	Planta	Atacama (78) Antofagasta (12) Coquimbo (64)

3.3 BANCOS DE GERMOPLASMA EN INTERNACIONALES

3.3.1 BANCOS DE GERMOPLASMA EN ESTADOS UNIDOS

Antecedentes generales

El Congreso de Estados Unidos autorizó en 1990 la implementación de un Programa Nacional de Recursos Genéticos (NGRP), cuya responsabilidad es adquirir, caracterizar, preservar, documentar y distribuir a los científicos, germoplasma de todas las formas de vida importantes para la producción agrícola y alimentaria (USDA, 2015).

El servidor web GRIN GLOBAL proporciona información de germoplasma de plantas, animales, microorganismos e invertebrados (USDA, 2015). La Red pertenece al Servicio de Investigación Agrícola (ARS) del USDA y es gestionada por la Unidad de Gestión de Bases de Datos (DBMU), mientras que la adquisición de plantas está gestionada por la Oficina de Unidad de Cambio de Plantas (PEO; USDA, 2017a).

El Consejo Consultivo Nacional de Recursos Genéticos (NGRAC) asesora y entrega recomendaciones al secretario y al Director del NGRP sobre esta temática. El NGRAC aborda los asuntos de la nación relacionados a la conservación y utilización de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura (USDA, 2014).

El Sistema Nacional de Germoplasma Vegetal de los Estados Unidos (NPGS) es un esfuerzo colaborativo para salvaguardar la diversidad genética de plantas de importancia agrícola. El

NPGS es administrado por el ARS y su financiamiento proviene principalmente de fuentes estatales, aunque está constituido por una asociación entre sectores públicos y privados. Algunos Bancos de Germoplasma se encuentran en universidades estatales, mientras que el sector privado es un usuario importante y el principal medio por el cual se comercializan plantas nuevas y mejoradas (USDA, 2017a).

La misión del NPGS es apoyar la producción agrícola mediante la adquisición, conservación, evaluación, caracterización, documentación y distribución de germoplasma de cultivos (USDA, 2017a).

Adquisición/Solicitud de Recursos Fitogenéticos

Debido a su escasa biodiversidad de recursos fitogenéticos, Estados Unidos ha obtenido material vegetal prácticamente desde todo el mundo (Unda, 2013). La Oficina de Unidad Cambio de Plantas (PEO) desarrolla métodos para priorizar las necesidades de germoplasma del país y organiza exploraciones e intercambios de plantas nacionales y extranjeras que aumenten la cantidad y calidad de las existentes en el NPGS. Además, contribuye a identificar algunas plantas en las colecciones y brinda opciones de apoyo para la conservación in situ y *ex situ* de las plantas cultivadas y sus progenitoras (USDA, 2016). La PEO mantiene un registro en los llamados Libros de Inventarios de Plantas, con la información del material introducido al NPGS desde el año 1989 al año 2008.

Colecciones de especies vegetales

La Plataforma GRIN GLOBAL muestra un extenso registro de especies vegetales agrícolas de provenientes de todo el mundo, mantenidas en el NPGS de Estados Unidos, en el cual participan diversos organismos (Bancos o reservorios) públicos y privados. En relación con las colecciones de los frutales de interés para este estudio, el sistema registra un total de 414 accesiones, repartidas en las especies frutales de los géneros *Prunus*, *Malus*, *Vitis*, *Persea*, *Vaccinium*, *Rubus* y *Juglans* (Cuadro 2). El manzano, aunque no se especifican sus variedades, es la especie que presenta el mayor número de accesiones, con 233 principalmente provenientes de distintos Estados del país y de 19 países, la mayoría europeos. La segunda especie más importante es la vid, con 118 accesiones provenientes distintos Estados del país y de 15 países, entre los que se encuentra Chile; seguida del nogal, con 34 accesiones de plantas en total desde 6 países ubicados en oriente y medio oriente

Cuadro 2. Colecciones de especies frutales de Estados Unidos registradas en GRIN GLOBAL mantenida por diversos organismos públicos y privados.

Género	Especie/Variedad	Nombre científico	N° de accesiones	Tipo de material	País de Origen
Prunus	Duraznero	*Prunus persica*	9	Planta	Estados Unidos, Siria, Pakistán, Unión Soviética
	Nectarín	*Prunus persica* var. *nucipersica*	1	Planta	Siria
	Cerezos	*Prunus cerasus*	2	Planta	Pakistán, Italia
Malus	Manzano	*Malus domestica*	233	Yema, planta, muestra de ADN	Estados Unidos, Australia, Francia, Inglaterra, Alemania, Canadá, Japón, Nueva Zelandia, Holanda, Checoslovakia, Suecia, Dinamarca, España, Rusia, Bélgica, Suiza, Finlandia, Bosnia y herzegovina, Serbia, India
Vitis	Vid	*Vitis vinífera*	118	Planta	Estados Unidos, Portugal, Francia, Austria, Italia, Alemania, Chile, Sudáfrica, Argelia, Marruecos, Hungría, Rusia, Afganistán, Grecia, Australia, Unión Soviética
Persea	Palto	*Persea americana*	3	Planta	Estados Unidos y Guatemala
Vaccinium	Arándano	Vaccinium corymbosum	7	Planta, semilla, toda la inflorescencia femenina	Estados Unidos
Rubus	Frambuesa	*Rubus idaeus* subsp. *idaeus* y *strigosus*	6	Planta, semilla	United Kingdom, Dinamarca y Estados Unidos
Juglans	Nogal	*Juglans regia*	35	Planta	Afganistán, Estados Unidos, Pakistán, Uzbekistán, China, Korea, Unión Soviética

3.3.2 BANCOS DE GERMOPLASMA EN ESPAÑA

Antecedentes generales

España es uno de los países de la Unión Europea con mayor diversidad biológica, debido a factores geográficos y a su variabilidad climática, orográfica y edáfica (MAPAMA, s.f.). En los últimos años, la erosión de sus recursos fitogenéticos ha llevado al país a crear diversos bancos de germoplasma, entre los cuales destaca el Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF) del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, España). El objetivo principal del CRF es contribuir a evitar la pérdida de diversidad genética de las

especies, variedades y ecotipos vegetales autóctonos y cultivares en desuso, cuyo potencial genético sea susceptible de ser empleado en agricultura y alimentación (INIA, s.f.). El Centro gestiona el Banco Base Nacional de Semillas, en el que se conservan a largo plazo los duplicados de seguridad de las colecciones activas de la Red Nacional de Bancos (INIA, s.f).

Adquisición/Solicitud de Recursos Fitogenéticos

Los materiales que el CRF conserva en colecciones base, como especies hortícolas, forrajeras-pratenses y *Lupinus*, se deben solicitar a los bancos activos correspondientes, a través de la página web del INIA (INIA, s.f).

Los intercambios de material de especies con fines agrícolas y alimentarios, detallados en el Anexo 1 del Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, están sujetos al Acuerdo Normalizado de Transferencia de Material (ANTM) del Tratado (INIA, s.f). El objetivo del ANTM es la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización, en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (FAO, 2009).

Los proveedores de materiales genéticos, según el Artículo 5, deben conceder un acceso rápido, sin necesidad de averiguar el origen de cada muestra y debe ser gratuito. Los proveedores deben proporcionar todos los datos disponibles de los recursos fitogenéticos.

El receptor, según el Artículo 6, se compromete a utilizar o conservar el material exclusivamente con fines de investigación, mejoramiento y capacitación para la alimentación y la agricultura. El receptor no puede reclamar ningún derecho de propiedad intelectual o de otra índole que limite el acceso facilitado al material suministrado (FAO, 2009).

Los intercambios de materiales de aquellas especies que no están incluidas en la lista del Anexo 1 o las peticiones que provengan de países que no son parte del Tratado, se regirán por los Acuerdos de Transferencia de Material (ATMs) conforme a la Ley N° 30 del año 2006. Para este caso, el CRF utiliza un modelo para usos no comerciales. A través de este acuerdo el receptor se compromete a utilizar y conservar el material exclusivamente con fines de investigación, educación, mejora y capacitación para la alimentación y la agricultura, debiendo informar al proveedor cada 2 años los datos e información obtenida a partir de su evaluación y utilización. Si el receptor lo solicita, los resultados de la investigación no se publican hasta pasados 3 años desde su recepción. Cualquier publicación sobre la investigación relacionada con el material por parte del receptor, debe ser notificada y se debe enviar una copia de la publicación al proveedor, citando el origen y/o fuente del material (INIA, s.f.).

El receptor no puede reclamar la propiedad sobre el material ni solicitar derechos de propiedad intelectual sobre él, sus partes o componentes genéticos, en la forma recibida (INIA, s.f.).

Colecciones de especies vegetales

El CRF del INIA España mantiene colecciones de especies frutales de interés para este estudio (Cuadro 3). Existen un total 7.422 accesiones de los géneros *Malus, Prunus, Juglans, Persea* y *Vitis.* De ellos, el 62,6% corresponde al género *Vitis*, principalmente de *Vitis vinifera L.*, con accesiones provenientes de 39 países. Le sigue el género *Malus* con un 23,4% y *Prunus* con un 7,1%. No se encontraron accesiones del género *Vaccinium* ni *Actinidia.* Los géneros *Persea* y *Rubus* provienen sólo de España, mientras que los otros géneros proceden de diversos países.

Cuadro 3. Colecciones de especies frutales registradas en el Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos de España, mantenidas por diversos organismos públicos y privados.

Genero	Especie/Variedad	Nombre científico	Nº de Accesiones	País de origen
Malus	Manzano	*Malus domestica Borkh.*	1.736	
Prunus	Cerezo	*Prunus cerasus L.*	20	España, Francia, Italia
	Duraznero	*Prunus persica (L.) Batsch*	510	Chile, España, Italia, Francia, Nueva Zelandia, Estados Unidos, Sudáfrica
	Nectarino	*Prunus persica* var. *nucipersica*		
Juglans	Nogal	*Juglans regia L.*	465	Chile, Alemania, España, Francia, Italia, Marruecos, Portugal, Eslovenia, Estados Unidos, Serbia y Montenegro
Persea	Palto	*Persea americana Mill.*	44	España
Vitis	Vid	*Vitis vinifera L.*	4.647	Argentina, Armenia, Australia, Austria, Azerbaiyán, Luxemburgo, Ucrania, Bélgica, Bulgaria, Brasil, Suiza, China, Marruecos, Hungría, Grecia, Georgia, Francia, Suazilandia, Siria, Moldavia, España, Egipto, Argelia, Estados Unidos, Federación Rusia, Chipre, Alemania, India, Perú, Túnez, Serbia y Montenegro, Irán, Israel, Italia, Japón, Líbano, Portugal, Turquía y Sudáfrica

3.3.3 BANCOS DE GERMOPLASMA EN MEXICO

Antecedentes generales

Debido a factores geológicos, climáticos y topográficos, México posee cerca del 10% de la flora del mundo, y entre el 20 y 30% de su flora es endémica. Diversas presiones como la destrucción de ecosistemas y la sustitución de cultivares tradicionales por variedades

mejoradas, han provocado que instituciones públicas y privadas mexicanas hayan creado bancos de germoplasma en los últimos años (Knudsen, 2000).

Al año 2000, la institución que contaba con el mayor número de accesiones de especies vegetales cultivadas era el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con 49.200 unidades (Knudsen, 2000). El año 2008 la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) aprobó la construcción y equipamiento del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) como componente central del Sistema Nacional de Recursos Genéticos (SINARGEN) para trabajar en conjunto con INIFAP, con el fin de (Cortés, 2011):

I. Preservar y proteger los recursos genéticos de importancia para México (RGM)
II. Contribuir y propiciar su uso ordenado, racional y sustentable
III. Apoyar las acciones de colecta, caracterización, potenciación, uso y preservación del SINARGEN
IV. Promover la importancia de la conservación de los RGM, como garante de las políticas agroalimentarias y de conservación del ambiente, entre la comunidad científica y la población en general.

El CNRG se enfoca en la conservación a largo plazo de especies mexicanas e introducidas con fines agrícolas, se encuentra articulado con SINARGEN y otros bancos de germoplasma nacionales e internacionales, cuenta con bases de datos compatibles para intercambiar y compartir información y realiza intercambio de materiales a nivel nacional e internacional. Cuenta con 4 subsistemas: microbiano, pecuario-acuático, agrícola-forestal y ADN genómico (Cortés, 2011).

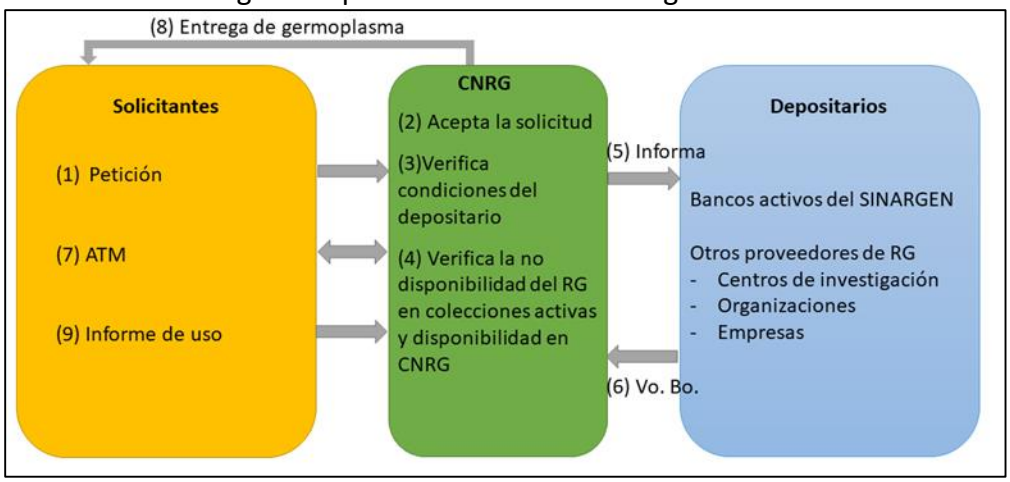
El Banco de Germoplasma de INIFAP (CEVAMEX) cuenta con dos cámaras frías de un volumen total de 746,6 m^3 y sistemas de anaqueles móviles de alta densidad cuya capacidad estimada es para 373.200 accesiones de semillas. Para la preservación *in vitro*, cuentan con cuatro cuartos fríos bajo condiciones de mínimo crecimiento (100%), dos para especies tropicales (10 - 20°C) y dos para especies templadas (5-15°C). Su capacidad estimada es de 198.000 plántulas, lo que equivale a 500 accesiones por metro cúbico. Las semillas se conservan en cámaras frías a una temperatura de -20°C, mientras que los tejidos vegetales y plantas se conservan en cámaras frías entre -15°C y 4°C, y en nitrógeno líquido a -196°C (Cortés, 2011).

Adquisición y/o Solicitud de Recursos Fitogenéticos

El sistema de distribución del Banco de Germoplasma de INIFAP sustenta la distribución de material genético en la plataforma CNRG. Para solicitar material genético, los solicitantes deben enviar una solicitud a través de esta plataforma, en la que pueden buscar y seleccionar las especies disponibles que requieran. Una vez verificadas las características del depositario y la disponibilidad de las accesiones en las colecciones activas, se notifica la solicitud a los Bancos del SINARGEN y a otros proveedores. Aprobada la solicitud, se realiza

un acuerdo de transferencia del material o contrato, que finaliza con la entrega de un informe de uso del material por parte de los solicitantes (Cortés, 2011; Figura 3).

Figura 3. Procedimiento general para solicitar material vegetal desde el CNRG de México.



Fuente: Elaboración propia con información de Cortés-Cruz (2011).

Colecciones de especies vegetales

Las colecciones de especies vegetales del Banco de Germoplasma de INIFAP se pueden encontrar en el sitio web de GRIN Global, que reúne información del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y de un estudio realizado por Knudsen (2000). Respecto a las especies frutales de interés para este estudio, sólo se encuentran registrados y mantenidos en el Banco de INIFAP una accesión de *Prunus persica*, una de *Persea americana* y una de *Vitis vinifera*.

4. CATASTRO DE CAPACIDADES Y NECESIDADES TÉCNICAS PARA LA DETECCIÓN-DIAGNÓSTICO, SANEAMIENTO Y CUARENTENA DE MATERIAL VEGETAL EN CHILE

4.1 OBJETIVO

Realizar un levantamiento de información sobre las capacidades técnicas y analíticas de los Centros o laboratorios chilenos, tanto públicos como privados, que importan o han importado germoplasma frutal, o que están capacitadas y dotadas para diagnosticar plagas y enfermedades, propagar o realizar saneamiento de material vegetal, especialmente de frutales.

4.2 METODOLOGÍA

Para la recopilación de antecedentes sobre las capacidades técnicas actuales del país para realizar diagnóstico-detección de plagas y enfermedades y procesos de saneamiento y

cuarentena de material vegetal nacional o proveniente del extranjero[1], se recurrió principalmente a fuentes primarias aplicando entrevistas y encuestas estructuradas dirigidas a representantes de las entidades más relevantes en el tema a nivel nacional, tanto públicas como privadas, tales como Universidades, Centros de Investigación, Fundaciones, Consorcios Tecnológicos, entre otros) que hayan importado o estén importando material vegetal y/o que realicen las labores antes señaladas en sus laboratorios o unidades cuarentenarias. Especial atención recibieron aquellas instituciones beneficiarias de CORFO que están trabajando en programas de mejoramiento genético de especies frutales de importancia económica, introducción de nuevas variedades y/o propagación de ellas y, por tanto, se encuentran indirectamente vinculadas al SAG.

La identificación de las capacidades técnicas representadas en las entidades seleccionadas consideró los siguientes aspectos:

I. Infraestructura disponible
II. Equipamiento
III. Capital humano, avanzado y técnico
IV. Procedimientos y técnicas de análisis
V. Sistemas de Gestión de Calidad
VI. Protocolos de Bioseguridad y seguridad del personal

Los encargados/as de las entidades consideradas fueron contactados/as vía telefónica para solicitar su colaboración; la información requerida se les solicitó vía correo electrónico mediante una encuesta digital, respetando el derecho de las instituciones a reservar información considerada por ellas de carácter confidencial.

Las entrevistas, en los casos que la contraparte y el equipo consultor consideraron pertinente, fueron acompañadas de visitas a los laboratorios y estaciones cuarentenarias, con objeto de conocer con mayor profundidad y detalle sus capacidades y procedimientos técnicos y de bioseguridad. Se visitaron las instalaciones de mayor interés según lo indicado por el SAG, ubicadas en la región Metropolitana. Se obtuvieron fotografías que ayudaron a respaldar la información obtenida.

Tanto el formulario de consulta como las entrevistas realizadas fueron validadas por la contraparte técnica antes de su aplicación, y se consideró una propuesta de formulario proporcionada por el SAG. Se buscó información secundaria proveniente de fuentes disponibles como libros, artículos científicos, informes de proyectos, entre otros, que pudieran complementar la información recabada en las encuestas, entrevistas y/o visitas.

[1] Actualmente, el saneamiento de plagas en materiales vegetales proveniente del extranjero no está autorizada por el SAG. Sin embargo, es importante conocer aquellos laboratorios o centros de investigación que cuentan con las capacidades y ofrecen el servicio de saneamiento de plagas presentes en el país.

Para facilitar el levantamiento de la información y la generación del catastro de las capacidades técnicas de laboratorios y unidades cuarentenarias con relación a su infraestructura y equipamiento, estándares de bioseguridad, gestión de calidad, procedimientos y técnicas de análisis y capital humano, se diseñó una encuesta técnica estructurada en cinco secciones: 1.-Información General del Centro/Laboratorio, 2.-Sistemas, procedimientos y técnicas para la detección-diagnóstico y/o saneamiento, 3.-Capacidades del Sistema de Cuarentena (aplicable sólo a algunos casos), 4.-Infraestructura y equipamiento, 5.-Capital humano

Con el propósito de completar la información obtenida mediante las encuestas, se solicitó a los encargados de cada Laboratorio y/o Centro, adjuntar los siguientes documentos anexos: 1.-Programas y registros de muestras, con sus análisis y resultados, 2.-Registros de Instructivos Técnicos y Protocolos, 3.-Croquis o mapa del centro y de sus laboratorios, 4.-Organigrama del centro, 5.-Flujograma de tránsito de las muestras, 6.-Listado equipos con sus mantenciones y calibraciones, 7.-Especies frutales y técnicas aplicadas en el laboratorio para la detección-diagnóstico, saneamiento y/o tratamientos de sus respectivas plagas y enfermedades.

La selección de las instituciones, que entre sus actividades importa o han importado material vegetal, y trabajan con germoplasma de especies frutales, se basó en un listado referencial proporcionado por la contraparte, así como en los contactos y el criterio del equipo consultor, que propuso cambios o agregó otras instituciones que consideró relevantes para los fines de este proyecto.

Teniendo como base el listado referencial propuesto por la contraparte, se consideraron, por su alta participación en Programas de Mejoramiento Genético de especies frutales en los últimos años, las siguientes instituciones (Cuadro 4).

Cuadro 4. Listado de instituciones consideradas en el estudio, consultadas mediante encuestas, entrevistas y/o visitas.

Región	Institución/Sede	Laboratorio/Centro	Método de consulta
Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)			
Metropolitana	Complejo Lo Aguirre	Bacteriología; Virología; Micología; Estación Cuarentenaria Agrícola y Biotecnología	Visita y encuesta
Valparaíso	SAG Valparaíso (Valparaíso)	Bacteriología; Micología	Encuesta
Bío-Bío	SAG Bío-Bío (Chillán)	Bacteriología; Micología	Encuesta
Araucanía	SAG Araucanía (Temuco)	Bacteriología; Micología	Encuesta
Los Lagos	SAG Los Lagos (Osorno)	Bacteriología; Micología; Virología	Encuesta
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)			
Coquimbo	INIA Intihuasi	Biotecnología del Centro Experimental La Serena	Encuesta
Valparaíso	INIA La Cruz		
Metropolitana	INIA La Platina	Fitopatología; Virología; Biotecnología; Estación Cuarentenaria	Visita y encuesta
O'Higgins	INIA Rayentué	Biotecnología	Visita y encuesta
Ñuble	INIA Quilamapu	Biotecnología	Encuesta
Araucanía	INIA Carillanca	Fitopatología	Encuesta
Los Lagos y Los Ríos	INIA Remehue	Fitopatología	Encuesta
Aysén	INIA Temel Aike		
Magallanes	INIA Kampenaike		
Centros o Institutos de Investigación o Tecnológicos			
Coquimbo	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)		Encuesta
Valparaíso	Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables (CREAS)		Encuesta
O'Higgins	Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF)		Encuesta
O'Higgins	Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola (CER)		Encuesta
Maule	Centro de Investigación e Innovación Concha y Toro-Fraunhofer Chile Research		
Araucanía	Centro de Genómica Nutricional Agroacuícola (CGNA)		Encuesta
Universidades			
Coquimbo	Universidad de La Serena		Encuesta
Valparaíso	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Núcleo de Biotecnología Curauma (NBC) - Laboratorio de Microbiología Kiwi-PSA	Encuesta
Valparaíso/Metropolitana	Universidad Técnica Federico Santa María	Centro de Biotecnología "Dr. Daniel Alkalay Lowitt"	Encuesta
Metropolitana	Pontificia Universidad Católica de Chile	Centro de Ciencia e Innovación en Biotecnología Vegetal	Visita y encuesta
	Universidad de Chile	Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta	Visita y encuesta

		INTA[2]	Visita y encuesta
	Universidad Andrés Bello	Centro de Biotecnología Vegetal	Encuesta
	Universidad Mayor	CEPROVEG; Genómica y Bioinformática; Biología Celular y Molecular Aplicada	Encuesta
Maule	Universidad Católica del Maule	CENBIO	Encuesta
	Universidad de Talca	Centro Tecnológico del Vino; Centro de Pomáceas; Centro de Mejoramiento Genético y Genómica Vegetal	Visita y encuesta
Ñuble	Universidad de Concepción	Centro de Biotecnología	Encuesta
Bío-Bío	Universidad Arturo Prat	Instituto de Ciencia y Tecnología (ICyT)	Encuesta
Araucanía	Universidad Católica de Temuco	Laboratorio de Biotecnología Vegetal	Encuesta
	Universidad de la Frontera	BIOREN	Encuesta
Los Lagos	Universidad Austral	Fisiología y Biología Molecular de Cultivos; Cultivo de Tejidos, Fitopatología; Entomología	Encuesta
Laboratorios Privados			
Metropolitana	AySLab		Encuesta
	Diagnofruit		Encuesta
Valparaíso	AgroLab		Encuesta
	Sun World Chile SpA – Bluesciences		Encuesta
Viveros-Estaciones Cuarentenarias			
Valparaíso	Vivero Hijuelas		Visita y encuesta
	Vivero La Palma		Encuesta
Metropolitana	ANA		Entrevista
	Univiveros		Encuesta

* En el caso de algunas instituciones que poseen Centros de Investigación compuestos por varios laboratorios (hasta 5), se decidió aplicar la encuesta considerándolas como Centros y no como laboratorios separados, con el fin de facilitar el llenado de la encuesta por parte del profesional encargado y descartar aquellos laboratorios que resultan no ser pertinentes o de menor interés para este estudio. En otros casos, sólo se aplicó la encuesta a aquellos laboratorios pertenecientes a Centros más atingentes al mejoramiento de especies frutales.

** Las entidades en color verde corresponden a centros o laboratorios encuestados y/o entrevistados, algunos de los cuales han entregado información muy limitada o escasa, ya sea porque declaran no comprender bien la información que se solicita o considerarla de carácter confidencial, entre otras razones (Figura 4).

*** Las entidades de color gris son instituciones que, según lo informado por ellos, no cuentan con centros o laboratorios dedicados a la detección-diagnóstico, saneamiento y/o cuarentena de material vegetal, por lo que no aplican para ser incluidas en este levantamiento de información (Figura 4). En esos casos, se externalizan tales servicios (cuando son requeridos) a otras instituciones públicas como el SAG o a centros o

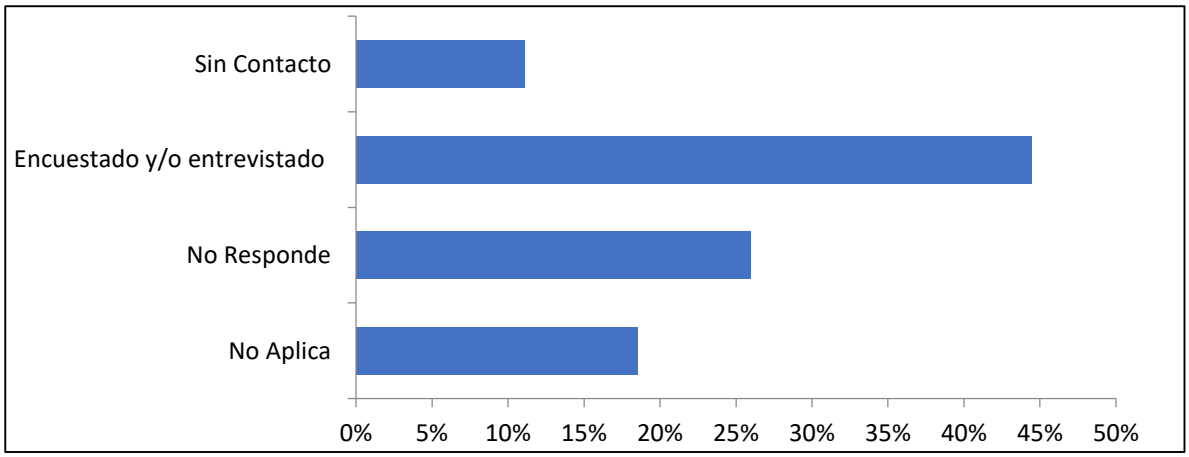
[2] Se consideró relevante visitar el INTA, debido a que tiene el Laboratorio de Bioinformática y Expresión Génica y el Laboratorio de Genética Molecular Vegetal.

laboratorios privados.

**** Las entidades en blanco no pudieron ser contactadas, o bien fueron contactadas, pero no se respondieron las encuestas, o no se pudo concretar las entrevistas (Figura 4).

***** Se consideró relevante visitar el INTA, debido a que posee el Laboratorio de Bioinformática y Expresión Génica y el Laboratorio de Genética Molecular Vegetal.

Figura 4. Proporción de instituciones encuestadas y/o entrevistadas, sin respuesta, no aplicables y sin contacto.



4.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS

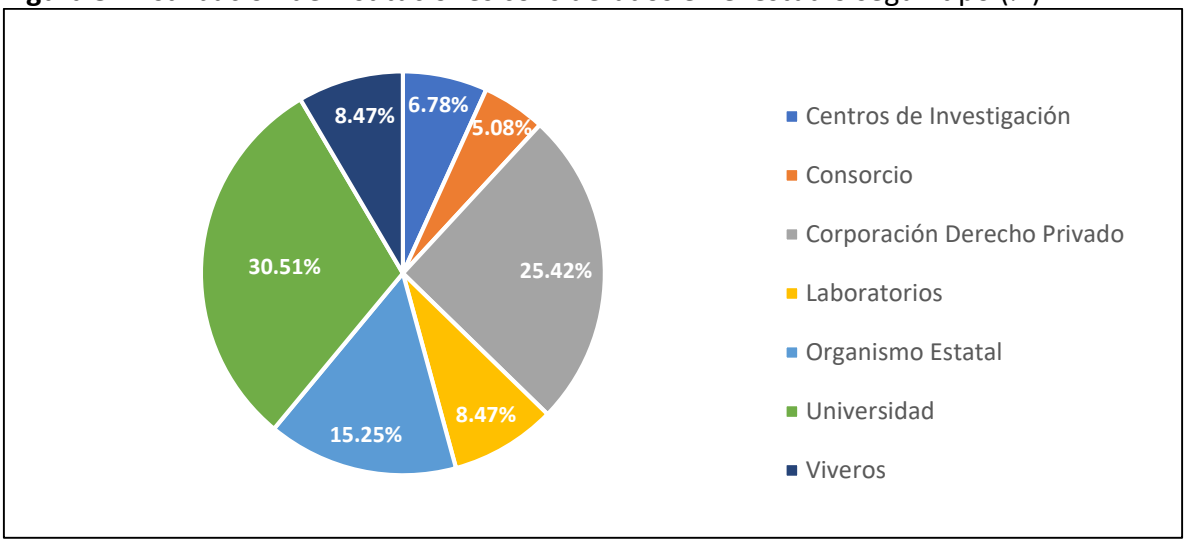
4.3.1 Estadísticas Generales

El catastro de capacidades técnicas con que cuenta Chile, tanto en sus instituciones públicas como privadas, contiene información acerca de los Centros de Investigación, laboratorios y estaciones cuarentenarias capacitados para realizar detección y diagnóstico, cuarentenas y saneamiento de material vegetal, como actores activos de Consorcios o Asociaciones que están desarrollando programas y proyectos de mejoramiento genético de frutales de importancia económica.

A partir de una lista preliminar de entidades participantes propuesta por la División de Protección Agrícola y Forestal del SAG y la Gerencia de Capacidades Tecnológicas de CORFO, se identificó y seleccionó un total de 40 instituciones que corresponden a Centros y Grupos de Investigación, o bien, que tienen Centros con uno o más laboratorios.

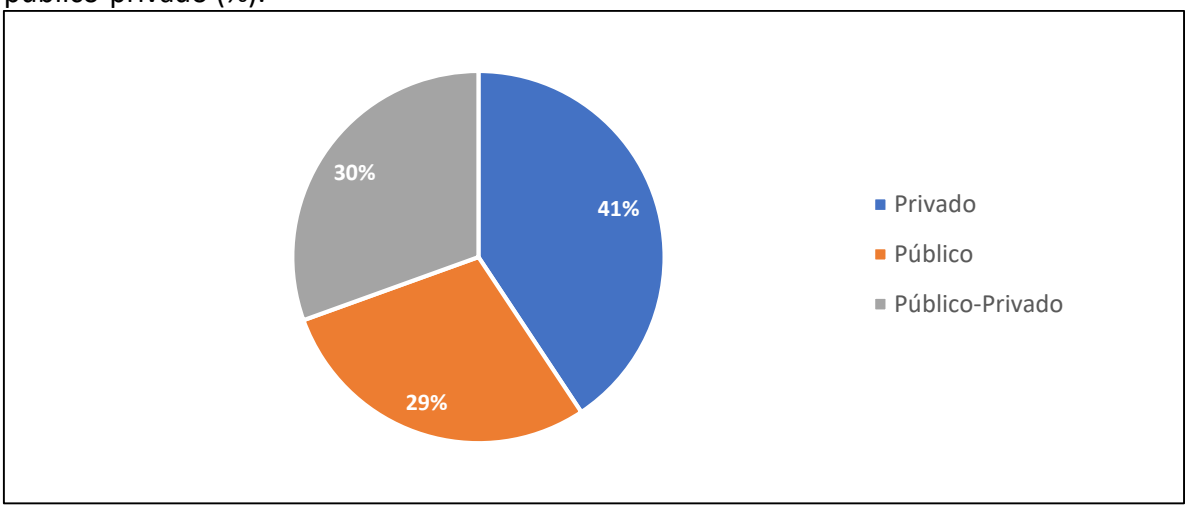
De las 40 instituciones consideradas, un 30,51 % corresponde a universidades, 25,42% a corporaciones de derecho privado (INIA), 15,25% a organismos estatales (SAG), 8,47% laboratorios, 8,47% a viveros, 6,78% a centros de investigación y un 5,08% a consorcios (Figura 5). El 29% son de carácter público, un 41% de carácter privado y un 30% de carácter público-privado.

Figura 5. Distribución de instituciones considerados en el estudio según tipo (%).



El grupo de entidades públicas está compuesto por el SAG, UCH, ULS, UTAL, UFRO, UDEC y UACH. Las entidades privadas corresponden a la Pontificia Universidad Católica (PUC), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Universidad Nacional Andrés Bello (UNAB), Universidad Arturo Prat (UNAP), Universidad Mayor (UMAYO), Universidad Católica de Temuco (UCT), Universidad Católica del Maule (UCM), Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), CGNA, CER Centro de Investigación e Innovación Concha y Toro-Fraunhofer Chile Research, Agrolab, AySLab, Diagnofruit, ANA, Bluescience, Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), Univiveros, Vivero Hijuelas y Vivero La Palma. Por último, las instituciones público-privadas corresponden al INIA, INTA, CEAF, CEAZA, CREAS, los Consorcios del Vino, de la Fruta y Biofrutales (Figura 6).

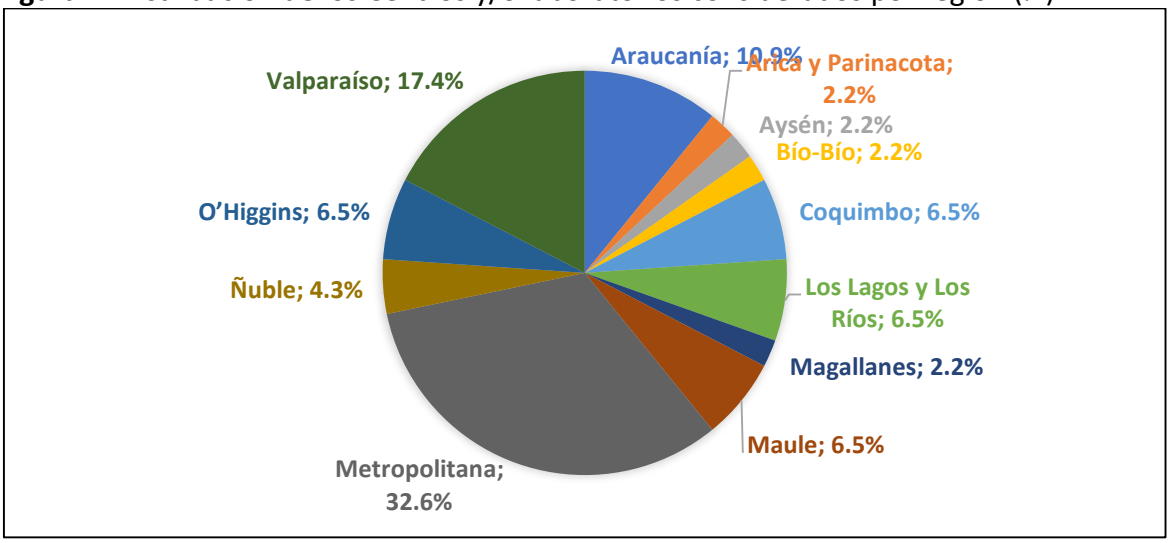
Figura 6. Distribución de las instituciones consideradas según carácter público, privado o público-privado (%).



El estudio de la distribución geográfica de las instituciones indica que la mayor proporción

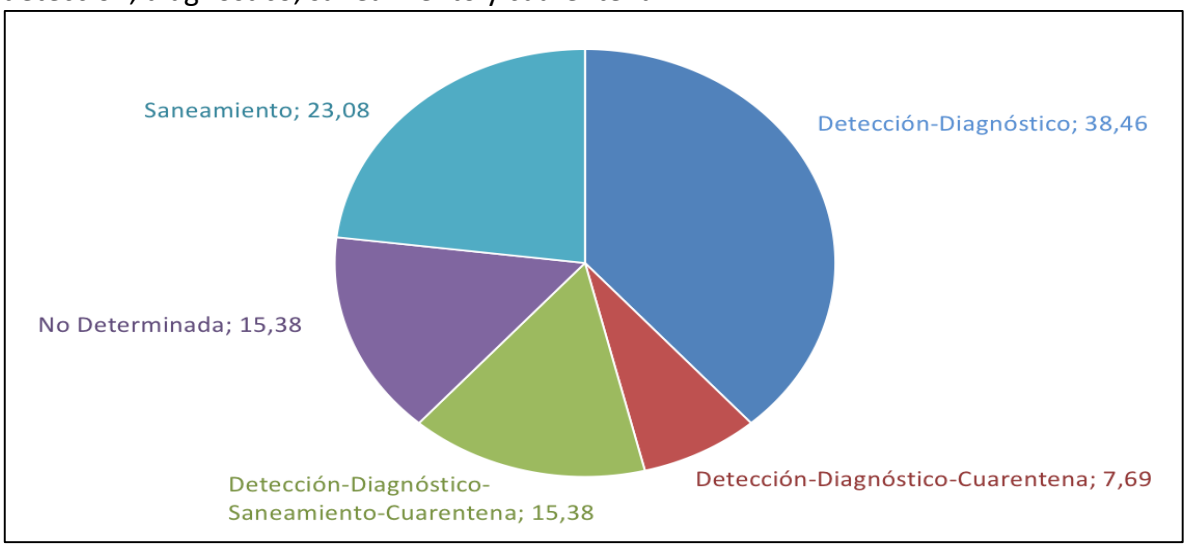
se concentra en la Región Metropolitana, donde se localiza el 32,6% del total, seguida de las regiones de Valparaíso (17,4%) y Araucanía (10,9%). Las regiones de Arica y Parinacota, Aysén y Magallanes son las que tienen el menor número de instituciones, y corresponden a zonas extremas del país donde la actividad agrícola y, en especial la fruticultura, no es tan prominente como en las regiones de la Zona Centro y Centro-Sur (Figura 7).

Figura 7. Distribución de los Centros y/o laboratorios considerados por región (%).



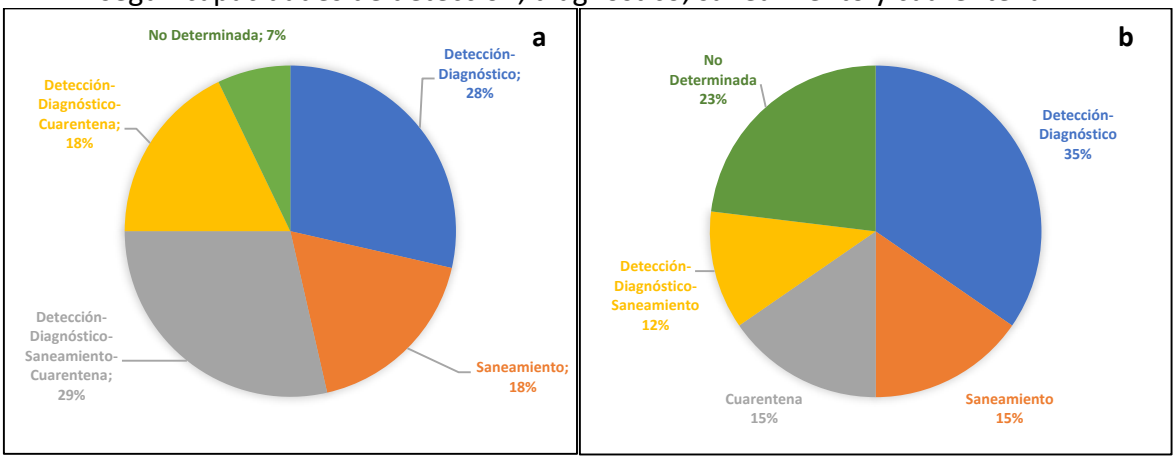
Las 40 instituciones consideradas representan un total de 54 laboratorios y estaciones cuarentenarias. En la Región Metropolitana se concentra el mayor número de laboratorios (22), los que pertenecen a 15 instituciones, luego se listan las regiones de Valparaíso y Araucanía, con 6 y 5 laboratorios pertenecientes a 8 y 5 instituciones, respectivamente.

Figura 8. Distribución de las instituciones consideradas en el estudio según capacidades de detección, diagnóstico, saneamiento y cuarentena



Los resultados indican que el 38,46% de las instituciones tiene capacidad para realizar detección-diagnóstico en especies vegetales, 23,08% servicios de saneamiento, 7,69% detección-diagnóstico, y cuarentena, 15,38% detección-diagnóstico, saneamiento y cuarentena y un 15,38% no tiene capacidades determinadas (Figura 8).

Figura 9. Distribución de instituciones públicas (a) y privadas (b) consideradas en el estudio según capacidades de detección, diagnóstico, saneamiento y cuarentena.



El análisis por instituciones de carácter público y privado, demuestra que el sector privado aporta con un 34% de sus instituciones a la detección-diagnóstico de material vegetal, mientras que el sector público aporta con un 28% (Figura 9). Respecto a las instituciones que sólo realizan saneamiento, las capacidades de ambos sectores son similares. Una situación diferente se evidencia con las capacidades de cuarentena, que en el caso de las instituciones privadas representa un 15%. No hay instituciones públicas que realicen exclusivamente servicios de cuarentena, sino que abarcan la detección-diagnóstico, saneamiento y cuarentena (29%), como por ejemplo el SAG.

La dotación de capital humano de todas las instituciones consideradas corresponde a unas 134 personas, de las cuales un 35% son posgraduados (doctorados y magíster), 33% de profesionales, 28% de técnicos y un 4% de personal sin calificación (Figura 10).

Al desglosar la dotación de capital humano según entidad pública o privada, se identificó que el sector público posee un 37% (33) de técnicos, 26% (23) de profesionales, 19% (16) con grado de doctor, 16% (14) de magíster y 2% sin calificación (2). El sector privado posee un 47,7% (21) de profesionales, 27,3% de doctores (12), 11,3% (5) de magíster, 11,3% (5) de técnicos y un 2,4% (1) sin calificación (Figura 11a y 11b).

Figura 10. Distribución de la dotación de personal de las instituciones consideradas en el estudio.

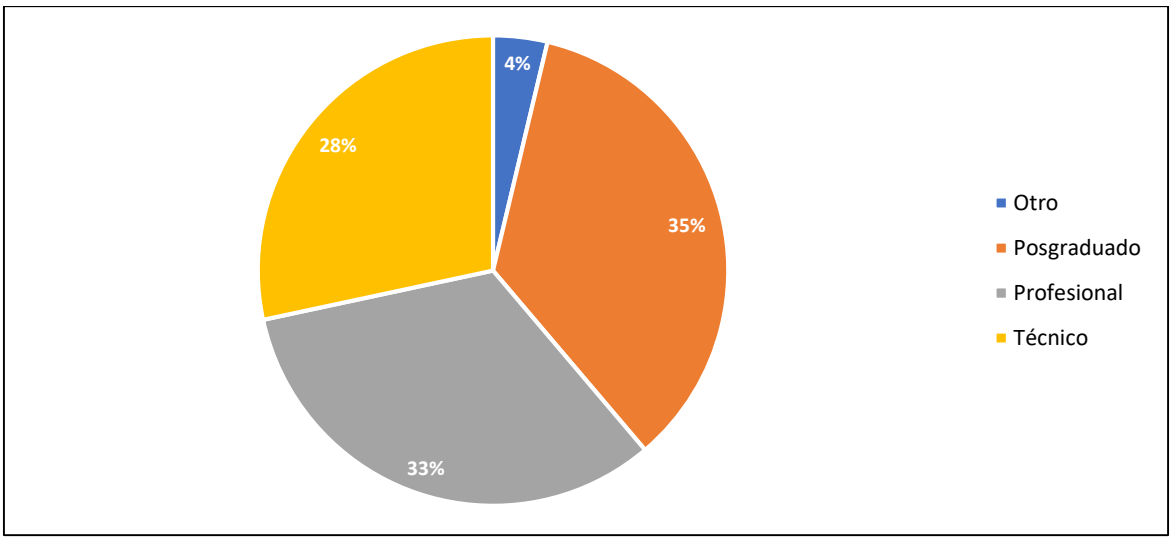
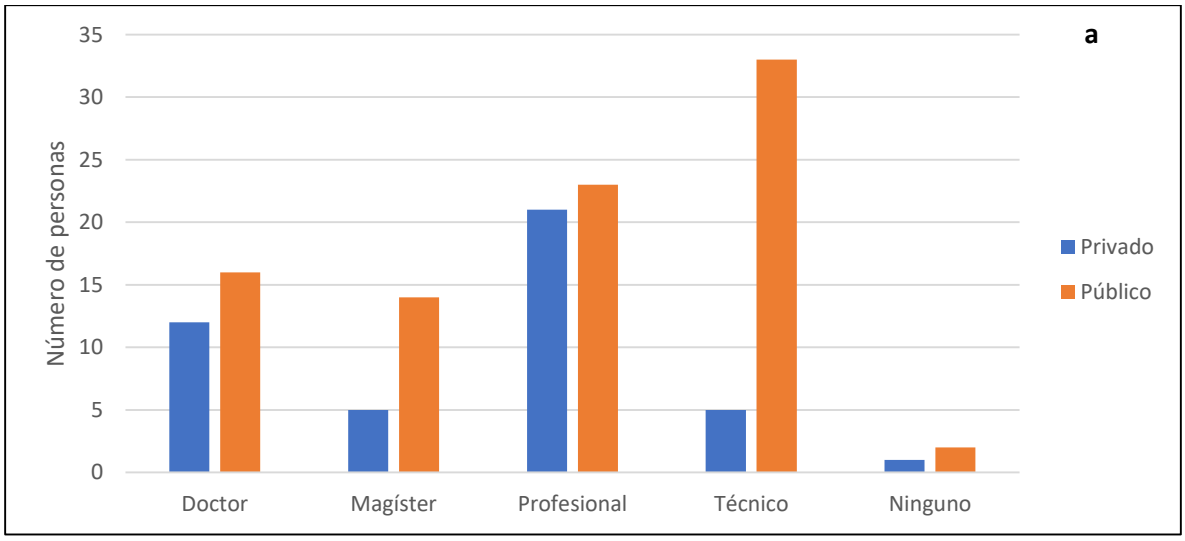
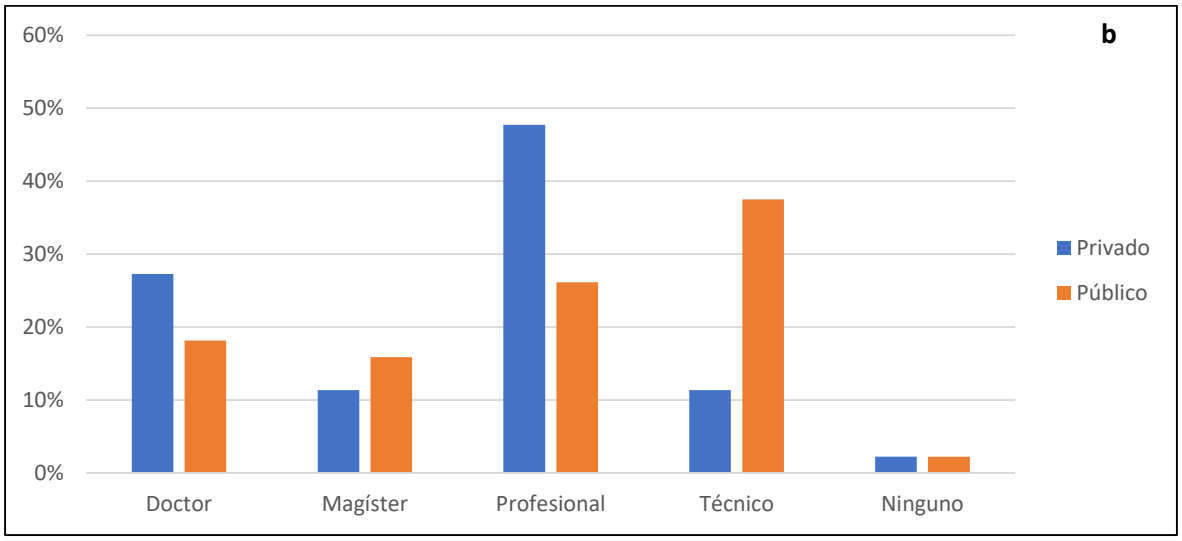


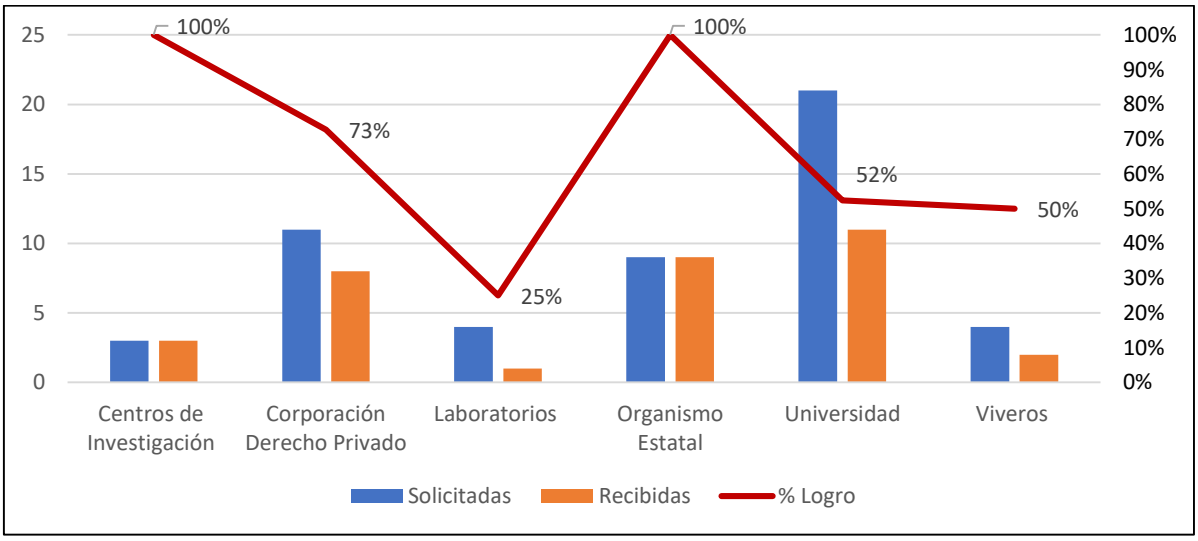
Figura 11. Número (a) y proporción (b) de doctores, magíster, profesionales, técnicos y personal sin calificación distribuidas en las instituciones públicas y privadas consideradas en el estudio.





Los 52 laboratorios considerados, recibieron una encuesta para recopilar sus antecedentes, algunas de las cuales se complementaron con visita y/o entrevista. Del total de encuestas consideradas, solo se respondieron 34 (65%), con una alta participación de los Organismos Estatales (100%), los Centros de Investigación (100%) y las Corporaciones de Derecho Privado (78%). De los laboratorios pertenecientes a universidades, se obtuvo la mayor participación, con un total de 11 respuestas de 21 encuestas solicitadas (Figura 12).

Figura 12. Número de encuestas solicitadas y respondidas por los grupos de instituciones consideradas en el catastro.



4.3.2 Información General de los Laboratorios

I. Servicio Agrícola y Ganadero

- **Complejo Lo Aguirre**

El Complejo de Laboratorios y Estaciones Cuarentenarias Agrícola y Pecuaria Lo Aguirre, ubicado en la Comuna de Pudahuel, Región Metropolitana, corresponde a un Departamento del SAG. Esta instalación se divide en los Subdepartamentos Agrícola, Pecuario, Semillas, Química Ambiental y Alimentaria y Biotecnología (como sección de apoyo; Anexo 1).
Los Subdepartamentos Agrícola y Pecuario cuentan con Laboratorios de diagnóstico en distintas disciplinas y dos Estaciones Cuarentenaria; Estación Cuarentenaria Agrícola (ECA SAG) y Estación Cuarentenaria Pecuaria (ECP).

Los laboratorios del Subdepartamento Agrícola están destinados a la detección y diagnóstico de plagas y enfermedades de numerosas especies agrícolas producidas en el país, tales como cultivos anuales (cereales, hortalizas y leguminosas), hierbas medicinales, especies forestales (nativas y exóticas), ornamentales y frutales de importancia económica. Además, se encuentran capacitados para realizar detecciones de plagas cuarentenarias que puedan ingresar al país de manera involuntaria, intencional o asociadas a productos importados autorizados. La ECA SAG posee instalaciones completamente acondicionadas para realizar cuarentenas absolutas y de filtro de materiales vegetales.

a. **Laboratorio de Bacteriología**: Se dedica al análisis de muestras agrícolas para la detección y diagnóstico de enfermedades causadas por bacterias en especies frutales, forestales, ornamentales, hortalizas, entre otras. Además, se analizan muestras de suelo. El laboratorio aplica técnicas microbiológicas tradicionales, serológicas y moleculares de detección y diagnóstico; y también está facultado para desarrollar e implementar nuevas técnicas.

b. **Laboratorio de Micología**: Realiza análisis tradicionales y de biología molecular (facultado también para el desarrollo e implementación de nuevas técnicas) para la detección y diagnóstico de hongos fitopatógenos de importancia agrícola y forestal, tanto cuarentenarias como presentes en el país, en diferentes tipos de muestras vegetales (estacas, semillas, entre otras), muestras de suelo y sustratos.

c. **Laboratorio de Virología**: Realiza análisis serológicos (ELISA y sus variantes) y de biología molecular para el diagnóstico de virus, viroides y fitoplasmas que afectan a especies vegetales, tanto cuarentenarios como presentes en el país, en apoyo de los diversos programas del SAG relacionados con cuarentenas, exportaciones, vigilancia, entre otros.

d. **Estación Cuarentenaria Agrícola (ECA SAG)**: Sistema de confinamiento oficial de artículos reglamentados correspondiente a material vegetal, destinado a la observación

e investigación o a la inspección, pruebas y/o tratamientos adicionales que permitan verificar o descartar la presencia de plagas cuarentenarias y aplicar medidas fitosanitarias según corresponda. En la ECA SAG y sus laboratorios asociados, se lleva a cabo la detección y diagnóstico de plagas cuarentenarias reglamentadas y la inspección del material vegetal que ingresa al país.

Se destaca que el Laboratorio de Biotecnología, unidad de apoyo de diagnóstico, realiza análisis moleculares en temas agrícolas, pecuarios y forestales. Estos diagnósticos son necesarios para la detección de enfermedades, la identificación de especies de patógenos y plagas, y la detección de transgénicos u organismos genéticamente modificados (OGM). Recientemente, se han realizado caracterizaciones moleculares mediante secuenciación.

- **Laboratorios del Servicio Agrícola y Ganadero en regiones**

a. Unidad de Fitopatología SAG Valparaíso

El Laboratorio de Micología del SAG Valparaíso realiza análisis micológicos en muestras vegetales, semillas, suelo/sustratos, entre otros, especialmente de aquellos hongos de importancia agrícola y forestal (Anexo 1).

b. Unidad de Fitopatología SAG Bío-Bío

La Unidad de Fitopatología del SAG Bío-Bío, ubicada en la ciudad de Chillán, incluye las áreas de Bacteriología y Micología, y se dedica a la detección y diagnóstico de bacterias y hongos en diversas especies vegetales, tanto agrícolas como forestales (Anexo 1).

c. Unidad de Fitopatología SAG Araucanía

La Unidad de Fitopatología del SAG Araucanía, ubicada en la ciudad de Temuco, se dedica desde el año 1994 a la vigilancia, diagnóstico y certificación de enfermedades causadas por hongos y bacterias tradicionales, además de plagas cuarentenarias (Anexo 1).

Al igual que en los otros laboratorios del SAG, se aplican las técnicas de Blotter-medios de cultivo, microscopía, claves taxonómicas, ELISA y PCR para la detección y diagnóstico de bacterias y hongos fitopatógenos en frutales, cultivos y hortalizas.

d. Unidad de Fitopatología SAG Los Lagos

La Unidad de Fitopatología (Bacteriología, Micología y Virología) del SAG Los Lagos, ubicada en la ciudad de Osorno, se ha centrado en la detección y diagnóstico bacteriológico, micológico, virológico (incluyendo plagas cuarentenarias) de cultivos agrícolas y forestales. La detección y diagnóstico de bacterias (tradicionales) se realiza para especies de cultivos anuales, frutales, forestales y ornamentales; de hongos para papas y frutales; y de virus

para papas y arándanos utilizando técnicas tradicionales, ELISA y moleculares (Anexo 1).

II. Instituto de Investigaciones Agropecuarias

- **Centro Regional de Investigación La Platina**

El Centro Regional de Investigación La Platina del INIA tiene sus instalaciones en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana, donde se realizan proyectos de investigación para múltiples especies agrícolas y se mantiene el principal Banco de Germoplasma vegetal del país. Además, cuenta con el Centro Experimental Los Tilos localizado en Buin y la Oficina Técnica de Ururi en Arica (Anexo 1).

El Centro tiene como objetivo principal, generar, adaptar y transmitir conocimientos y tecnologías para contribuir a la sustentabilidad del sector agrícola, con especial énfasis en hortalizas y especies frutales de la Zona Central del país. El Centro Experimental Los Tilos se dedica principalmente a la investigación y producción de nogales, semillas de trigo y uvas de mesa.

Para cumplir sus objetivos, el Centro cuenta con los siguientes laboratorios:

a. **Laboratorio de Virología**: Se dedica a la detección, diagnóstico y saneamiento o limpieza de material de propagación de virus, viroides y fitoplasmas que afectan a vides, carozos y diversas especies de hortalizas y frutales, así como también al desarrollo de estrategias que permitan mantener cultivos libres de estos patógenos. Posee la capacidad para realizar esta limpieza a través de termoterapia *in vitro*, electroterapia, crioterapia, quimioterapia y cultivos de meristemos. Estas tareas se sustentan en el desarrollo de proyectos de investigación, en los cuales participan también viveristas y productores.

b. **Laboratorio de Fitopatología**: Se enfoca en la detección y diagnóstico de fitopatógenos en especies de interés agrícola y forestal, evaluación *in vitro*, *in vivo* y bajo condiciones de campo de moléculas biocidas.

c. **Laboratorio de Biotecnología Vegetal y Cultivo de Tejidos**: Se dedica al desarrollo y aplicación de herramientas de la biotecnología vegetal al mejoramiento de especies. En proyectos de investigación, apoya la detección-diagnóstico, saneamiento y evaluación de tratamientos de bacterias tradicionales, hongos (oídio y botrytis) y virus. Sin embargo, no brinda servicios de forma permanente. Utiliza la Estación Cuarentenaria del CRI La Platina para realizar ensayos con organismos genéticamente modificados (OGM).

- **Laboratorios del Instituto de Investigaciones Agropecuarias en regiones**

a. Centro Regional de Investigación Intihuasi

El Centro Regional de Investigación Intihuasi tiene sedes en las regiones de Atacama y

Coquimbo. El trabajo del Centro está orientado al desarrollo de sistemas de producción agropecuaria sustentables, adaptados a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de los productores que habitan en estas regiones, para lo cual cuenta con Oficinas Técnicas ubicadas en Illapel, Ovalle, Vallenar y un Centro Experimental con un Banco Base de Semillas en la ciudad de Vicuña. Además, en Coquimbo se encuentra la Parcela Experimental Pan de Azúcar, donde se realizan ensayos con especies frutales y hortalizas para diversos proyectos de investigación (Anexo 1).

Debido a que la Estación Experimental ubicada en Coquimbo no cuenta con laboratorios dedicados al análisis, detección-diagnóstico y/o saneamiento de material vegetal de especies frutales, sólo se consideró en este estudio el Laboratorio de Biotecnología del Centro Experimental La Serena. Si bien el Centro tiene una antigüedad aproximada de 22 años, este laboratorio sólo lleva 4 años en funcionamiento, con una capacidad analítica de más 500 muestras al año.

b. Centro Regional de Investigación La Cruz

El Centro de Investigación La Cruz se encuentra ubicado en la Provincia de Quillota, Región de Valparaíso. Sus principales líneas de investigación comprenden el manejo y control del riego, manejo y fisiología de frutales, control biológico y manejo integrado de plagas, y fisiología de hortalizas. Por su ámbito de acción, no se consideró en este estudio (Anexo 1).

c. Centro Regional de Investigación Rayentué

El Centro de Investigación Rayentué está ubicado en la comuna de Rengo, sector Los Choapinos, Región de O'Higgins. Sus líneas estratégicas se desarrollan en dos grandes áreas: Riego y Secano. En el primero, la investigación está orientada en la validación y transferencia tecnológica en cultivos hortícolas y frutales, mientras que la segunda, busca aportar conocimiento tecnológico en cereales, ovinos y praderas. Aunque se consideró este Centro en el catastro, no se incluyó en este informe porque no se obtuvo la encuesta correspondiente (Anexo 1).

d. Centro Regional de Investigación Quilamapu

El Centro de Investigación Quilamapu, ubicado en Chillán, es uno de los Centros INIA más grandes del país, con 38 investigadores dedicados a tres líneas principales: Mejoramiento y Recursos Genéticos, Tecnologías Emergentes para la Agricultura y Agricultura Sustentable.

INIA Quilamapu dispone de laboratorios en Agricultura Sostenible, Arroz, Biotecnología, Ecología Química, Entomología, Fitopatología, Frutales, Leguminosas de Grano, Nematología, Recursos Genéticos y Trigo. Además, es la sede central del Laboratorio Nacional de Suelos y Plantas del INIA, que recibe y procesa muestras de suelos y compost de la Zona Centro Sur del país (Anexo 1).

El Laboratorio de Biotecnología se ha dedicado aproximadamente por 21 años a la investigación y se divide en tres especialidades: micropropagación, marcadores moleculares (certificación material genético, diversidad, identificación de padres y progenies) y genómica funcional.

e. Centro Regional de Investigación Carillanca

El Centro de Investigación Carillanca se ubica en Temuco**,** Región de la Araucanía. Sus líneas de investigación y desarrollo están orientadas a los recursos genéticos y al mejoramiento genético molecular de especies vegetales; calidad y diferenciación de productos cárneos y lácteos; nuevas alternativas de exportación (frutales, hortalizas, papa, flores); y agricultura limpia, medio ambiente y recursos ambientales de la Región de la Araucanía (Anexo 1).

f. Centro Regional de Investigación Remehue

El Centro de Investigación Remehue está ubicado en Osorno, Región de Los Lagos. Tiene como líneas de investigación principales la producción sustentable de sistemas ganaderos de rumiantes y el cultivo de papa. También produce insumos tecnológicos como semillas de papas, cereales, plantas forrajeras y animales reproductores, y entrega servicios de análisis de suelo, alimentos y forrajes (Anexo 1).

El Centro participa en los Consorcios Tecnológicos de la leche, la papa y ovinos, asociaciones que impulsan el desarrollo productivo y económico local de la Región de Los Lagos. De INIA Remehue depende el Centro Experimental INIA La Pampa, situado en las cercanías de Purranque, el Centro Experimental INIA Butalcura, ubicado en la comuna de Dalcahue, una Oficina Técnica en la ciudad de Castro, Chiloé, y una Oficina de Extensión en la ciudad de La Unión.

g. Centro Regional de Investigación Tamel Aike

El Centro de Investigación Tamel Aike tiene su área de influencia en los ecosistemas de la Región de Aysén, en la denominada Patagonia Occidental de Chile. Su sede se encuentra en la Provincia de Coyhaique y cuenta con una Centro Experimental a 28 km al sureste de la ciudad de Coyhaique, en el sector de Valle Simpson. En 1995, se instaló una Oficina Técnica en Chile Chico para desarrollar trabajos de investigación y desarrollo en la cuenca del Lago General Carrera (Anexo 1).

En el ámbito hortofrutícola, actualmente se desarrollan proyectos de investigación de especies frutales y hortalizas de microclimas de zonas frías. Por su ámbito de acción, no se consideró en este estudio.

h. Centro Regional de Investigación Kampenaike

El Centro de Investigación Kampenaike está ubicado en Punta Arenas, y enfoca su labor a la investigación adaptativa-demostrativa y la transferencia de tecnologías, con especial énfasis en la ganadería ovina. Su misión es crear, captar, adaptar y transferir procesos productivos y tecnológicos sustentables para solucionar problemas puntuales relacionados con la explotación ovina de la Región de Magallanes (Anexo 1).

Este Centro no dispone de laboratorios con capacidades de análisis, diagnóstico-detección y/o saneamiento de plagas y enfermedades en especies vegetales, por lo que externaliza este tipo de servicios a otros Centros INIA de regiones cercanas o a entidades particulares. Por esto y por su ámbito de acción, no se consideró en este estudio.

III. Universidades

- **Universidad Nacional Andrés Bello (UNAB)**

El Centro de Biotecnología Vegetal (CBV) de la Universidad Andrés Bello, ubicado en la Región Metropolitana, desarrolla investigación en las áreas de Biología Molecular y Celular de plantas, Genética y Genómica Funcional, Fisiología e Interacción planta-patógeno, todas ellas centradas en frutales de importancia económica. Actualmente, cuenta con los laboratorios de Microbiología Molecular, Interacción planta patógeno, Fisiología de Postcosecha, Genética y genómica y Biosíntesis de pared celular (Anexo 1).

Para cumplir con sus objetivos, los laboratorios utilizan diversas técnicas de detección-diagnóstico de plagas y enfermedades en especies frutales como arándano, cerezo, palto, vid de mesa y vid vinífera, así como análisis de secuenciamiento.

- **Universidad Austral de Chile (UACH)**

a. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales

Este laboratorio dispone de una superficie de 88 m^2 para realizar labores de apoyo a la docencia (pre y postgrado), investigación y brindar servicios a terceros. Sus líneas de investigación se centran en la elaboración de protocolos de micropropagación de plantas silvestres y cultivadas, especialmente de especies bajo condición de amenaza. Las prestaciones de servicios a terceros incluyen la preparación de soluciones para enraizamiento, micropropagación de especies, saneamiento, conservación de germoplasma y desarrollo de protocolos de micropropagación (Anexo 1).

b. Laboratorio de Fisiología y Micología Molecular de cultivos

Este laboratorio se creó en el año 2002 en respuesta a la necesidad de nuevas herramientas moleculares para la investigación científica del sector silvoagropecuario. Sus actividades están orientadas especialmente al estudio de la diversidad genética de especies cultivadas, silvestres y hongos, además de la identificación y trazabilidad de especies, clones y cepas

mediante el desarrollo de herramientas moleculares, selección asistida y estudios de expresión de genes en plantas de cultivo (Anexo 1).

c. Laboratorio de Fitopatología

Este laboratorio depende del Instituto de Producción y Sanidad y cuenta con una superficie total aproximada de 188 m^2. Realiza actividades de docencia, investigación y servicios relacionados con el diagnóstico de enfermedades en plantas y suelos. Está conformado por los laboratorios de Micología (124 m^2), Fitobacteriología (40 m^2) y Nematología (24 m^2; Anexo 1).

- **Universidad de Concepción (UDEC)**

Centro de Biotecnología

El CB-UDEC es un centro dedicado a la I+D+i en biotecnología de recursos naturales renovables. Está constituido por las áreas de investigación, gestión y administración, cada una con múltiples funciones y acciones específicas. El Centro cuenta con los siguientes laboratorios de interés para este estudio (o de interés potencial; Anexo 1):

a. Laboratorio de Genómica Forestal

El área de genómica forestal se creó en 2005 con el objetivo de desarrollar herramientas biotecnológicas que permitan predecir el desempeño y/o características de interés silvoagrícola de especies leñosas, para su uso comercial o de conservación. Su grupo de investigación se desempeña en cuatro áreas principales:

i. Generación de marcadores moleculares SNPs, microsatélites, AFLPs para análisis de variabilidad genética, estudios de genética poblacional, certificación clonal y análisis de genética cuantitativa
ii. Identificación de genes de interés, asociados a características de importancia agroforestal
iii. Desarrollo de metodologías bioinformáticas para el análisis de datos masivos obtenidos por técnicas de secuenciación de segunda generación (Next-generation sequencing), en estudios RNA-Seq y GBS
iv. Implementación de técnicas de diagnóstico molecular, que permitan identificar organismos patógenos silvoagrícolas

b. Laboratorio de Patología Forestal

El Laboratorio de Patología Forestal (LPF) inició sus actividades a fines del año 2006 (implementación) y su trabajo de investigación en el año 2007. Las primeras líneas de investigación en el LPF fueron el estudio de rizobacterias promotoras de enraizamiento de eucalipto y control biológico de *Botrytis cinerea* en viveros de eucalipto. En los últimos dos

años, se ha iniciado una importante línea de investigación sobre especies de *Phytophthora* y su efecto en especies forestales exóticas y nativas. También se ha implementado el uso de técnicas moleculares para la identificación de patógenos fúngicos y bacterianos en especies forestales.

c. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Forestales

El Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales ha orientado su investigación hacia la selección y micropropagación de árboles para uso forestal y agrícola; el rescate de flora nativa en extinción mediante el uso de herramientas biotecnológicas; y la propagación mediante embriogénesis somática de especies de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Nothofagus* chileno, *Juglans* y *Castanea*.

- **Universidad de Chile (UCH)**

Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta

Desde hace 20 años, el Grupo de Investigación del Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta, dependiente de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, realiza investigación en tres áreas complementarias: mejoramiento genético, calidad de la fruta y genética y genómica. Actualmente, forma parte del Consorcio Biofrutales desarrollando Programas de Mejoramiento Genético en nectarinos/duraznos, ciruelas, nogales y kiwis apoyados por CORFO (Anexo 1).

El Grupo de Investigación cuenta con las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Mejoramiento Genético (Campus Antumapu)
- Laboratorio de Biotecnología (Campus Antumapu, instalación subterránea)
- Campo experimental e invernaderos de producción de plantas para *Breeding* en (Rinconada de Maipú)
- Laboratorio de Evaluación de Calidad (Rinconada de Maipú)
- Laboratorio de Procesos *in vitro* (Campus Antumapu)

IV. Centros de Investigación

- **Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF)**

Desde el año 2010, el Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura CEAF, ubicado en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, se dedica a la investigación, desarrollo e innovación para dar soluciones científicas y tecnológicas a problemas de la fruticultura local y contribuir a la productividad de especies frutales de importancia económica (Anexo 1).

El CEAF cuenta con un programa de mejoramiento genético de portainjertos para frutales del género *Prunus* spp., que es apoyado por líneas de investigación de las áreas de Genómica vegetal, Fisiología del estrés, Agronomía e Interacción raíz-microorganismos.

Para desarrollar sus proyectos y líneas de investigación, el Centro mantiene alianzas con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), la Universidad de Chile, la Asociación de Productores y Exportadores de la Región de O'Higgins, el Gobierno Regional y CONICYT.

a. **Laboratorio de Mejoramiento Genético**: El objetivo del laboratorio de Mejoramiento Genético del CEAF es desarrollar portainjertos clonales de nueva generación para frutales de carozo que se adapten a diversas condiciones ambientales. El desarrollo de portainjertos tiene lugar en un Programa de Mejoramiento Genético de portainjertos para frutales del género *Prunus* spp. El laboratorio cuenta diversos proyectos asociados con INIA y la Universidad de Chile.

b. **Laboratorio de Genómica:** La línea de investigación del Laboratorio de Genómica del CEAF se enfoca en el estudio de las bases moleculares de las respuestas de los portainjertos de frutales de carozo al estrés por asfixia radical, sequía y salinidad y estreses medioambientales que restringen el desarrollo de las plantaciones de estas especies en Chile.

- **Centro Agrícola de Evaluación Rosario Ltda. Rancagua (CER)**

El Centro Agrícola de Evaluación Rosario Ltda., ubicado en Rancagua, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, fue establecido en el año 2010 y se dedica a la investigación y desarrollo de herramientas certificadas para el sector agrícola, principalmente para especies frutales de importancia económica (Anexo 1).

El Centro cuenta con el Laboratorio Agrícola de Chile (LAGRIC) que realiza diversos análisis de detección-diagnóstico enfocados al área agrícola y complementa su labor a través de los departamentos de Fitopatología y Entomología, dedicados a la evaluación y control preventivo de enfermedades producidas por hongos, bacterias (tradicionales) y virus de control obligatorio. Además, cuenta con un sistema de confinamiento para la inspección *Lobesia botrana*.

Actualmente, el Centro se encuentra reconocido por el Servicio Agrícola y Ganadero (S.A.G) como estación experimental agrícola, y certificado como Centro I+D por CORFO. Mantiene alianzas de colaboración con la Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de California y la Red de Gestión Tecnológica para el Agro.

V. Laboratorios privados

- **Diagnofruit Ltda.**

Ubicado en la Región Metropolitana de Santiago, Diagnofruit Ltda. cuenta con 6 años de experiencia en servicios de análisis e investigación para el desarrollo de la industria frutícola nacional (Anexo 1).

El laboratorio de Fitopatología de Diagnofruit Ltda. tiene como objetivo brindar servicios para la detección y diagnóstico microbiológico, análisis molecular de alto estándar y desarrollo de herramientas integrales para el control de calidad en postcosecha de frutas. Los principales servicios que brinda son la detección y diagnóstico de hongos fitopatógenos de importancia en frutales, utilizando diferentes técnicas de análisis.

VI. Viveros

- **Univiveros**

Univiveros se dedica a la investigación, desarrollo, propagación y comercialización de nuevas variedades protegidas provenientes de diferentes viveros y programas genéticos del mundo. Produce vides (de mesa y de vino) y otras plantas frutales mayores que incluyen árboles de manzanos, cerezos, perales y carozos, con los máximos estándares de calidad, sanidad y trazabilidad (Anexo 1).

Asociado de ANA *Andes New Varieties Administration*, participa en los programas de mejoramiento genético que actualmente desarrolla el Consorcio Biofrutales. Además, realiza servicios de internación, cuarentena y exportación de plantas; y evalúa variedades vegetales protegidas de los programas en los que participa.

- **Vivero Hijuelas**

El Grupo Hijuelas corresponde a un grupo de empresas que ofrecen diversos productos y servicios en el área agrícola. Con más de 30 años de experiencia, se dedica a la producción de plantas ornamentales y plantas frutales como arándano, frambuesa, mora, avellano, cerezo (portainjertos), nogal (portainjertos y variedades) y duraznero. Además, realiza propagación *in vitro* (desarrollo de protocolos, iniciación de material y propagación masiva) y detección de virus mediante PCR y ELISA (Anexo 1).

Si bien fue considerado en el catastro, no se recibió la encuesta de este vivero por lo que no se incluye en este informe.

- **Estación Experimental La Palma**

Desde el año 1993, en el marco de un proyecto cuyo objetivo fue la certificación de plantas de cítricos libres de virus, el vivero de la Estación Experimental La Palma se ha dedicado, en asociación con programas de obtención de nuevas variedades de cítricos en el mundo, al recambio de variedades antiguas, como son M-7, Mandarina Orri, Valley Gold, Sunset, Sonet, entre otras. La Estación funciona bajo la autorización del SAG para ingresar al país

estos materiales con una cuarentena predial, la que se realiza en la misma estación experimental (Anexo 1).

Además, en asociación con el Laboratorio de Propagación de la Escuela de Agronomía de la PUCV, el vivero produce paltos clonales que respondan o se adapten a situaciones de replante y condiciones de suelo poco favorables como suelos arcillosos, con presencia de *Phytophthora*, entre otros.

El hecho de estar emplazado en una zona catalogada por el SAG como libre de PSA (*Pseudomona syringae* pv. *actinidiae*), le otorga una gran ventaja para mantener bloques madre de kiwi certificados por SAG y extraer el material vegetal necesario para producir plantas de alta calidad genética y fitosanitaria.

4.3.3 Infraestructura y equipamiento

Servicio Agrícola y Ganadero

Complejo Lo Aguirre

a. Laboratorios

Todos los laboratorios relacionados con este estudio y que fueron analizados, cuentan con la infraestructura apropiada para estos fines. Las "áreas limpias" corresponden al Laboratorio General/Serología y al área molecular en el caso de los laboratorios de Bacteriología y Micología, y sólo al área molecular en el caso de los laboratorios de Virología y Biotecnología.

Por otra parte, las "áreas sucias" de los laboratorios corresponden a las áreas de recepción e inspección de muestras, al área de lavado y al área de extracción, con excepción del Laboratorio de Virología que utiliza su Laboratorio General, área de extracción de ADN y área de electroforesis como áreas sucias.

Los laboratorios de Biotecnología y de Virología cuentan con una sala para termocicladores, tanto para PCR convencional o en tiempo real.

El equipamiento de los laboratorios, en general cuentan con gran parte de los equipos e instrumentos consultados.

Ante fallas en los equipos electrónicos o eventuales cortes del suministro eléctrico, los laboratorios están respaldados por un sistema de emergencia común para todo el Complejo Lo Aguirre, que utiliza un generador eléctrico por grupo electrógeno. El Laboratorio de Virología posee cuatro equipos generales conectados a la red de emergencia y equipos críticos conectados a UPS.

b. Estación Cuarentenaria

La infraestructura de la ECA SAG consiste en un conjunto de salas aisladas, formadas por una sala de inspección, una sala de equipos, un área limpia, un área sucia y una red de invernaderos cerrados (capacidad de 30 cubículos de cuarentena). En total cuentan con 7 invernaderos divididos en 10 salas especiales para diferentes ensayos biológicos de especies frutales, tales como carozos, vides, cítricos, nogales, kiwis y berries. Todos ellos se encuentran equipados con sistemas de regulación de temperatura y humedad relativa que son controlados mediante un programa computacional.

Además, cada invernadero cuenta con doble puerta, antesala, bodega, pediluvio, un pasillo central que separa en dos líneas de 5 salas o cubículos individuales el recinto. El material de construcción de los invernaderos es principalmente de policarbonato y los muros y cimientos son de concreto. Sólo los ventanales de los pasillos que conectan los invernaderos están hechos de vidrio. El piso es de concreto, donde las plantas se mantienen en mesones con una base de malla metálica.

Laboratorios del Servicio Agrícola y Ganadero en regiones

Los laboratorios cuentan con gran parte de los equipos e instrumentos consultados. Respecto a las áreas limpias y sucias, todas las Unidades declaran tenerlas, con excepción de la Unidad de Fitopatología del SAG Bío-Bío.

Algunas Unidades como la del SAG Araucanía y del SAG Los Lagos cuentan con sistemas o equipos especiales para resguardarse ante fallas en sus equipos o problemas de energía. La primera, posee un generador eléctrico por grupo electrógeno, sistema similar al utilizado en el Complejo Lo Aguirre, y el segundo, un generador de petróleo con capacidad para 3 horas continuas.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Centro Regional de Investigación La Platina

a. Laboratorios

Los laboratorios de Virología, Fitopatología y Biotecnología están organizados en áreas o salas que permiten el tránsito normal de las muestras vegetales para su acondicionamiento y análisis, y para el funcionamiento adecuado de sus equipos e instrumentos. Los laboratorios bajo estudio declaran tener la mayoría de las salas o áreas consultadas, con excepción de bodegas, salas de PCR en tiempo real y salas de verificación de pipetas

exclusivas.

En el laboratorio de Fitopatología el área de recepción e inspección y el de extracción y preparación de muestras se encuentran separadas; sin áreas exclusivas para el uso de termocicladores y equipos de electroforesis. Por el contrario, el Laboratorio de Virología realiza la recepción, inspección, extracción y preparación de muestras en un mismo mesón al interior del laboratorio, y destina áreas exclusivas para el uso de termocicladores y equipos de electroforesis.

Para el almacenaje de las muestras, los tres laboratorios utilizan refrigeradores o áreas equipadas con aire acondicionado.

Respecto a los equipos e instrumentos, se observa que el conjunto de laboratorios encuestados posee la mayoría de los equipos e instrumentos consultados, acorde a las pruebas y análisis que cada uno realiza.

Cabe señalar que algunos de los equipos utilizados por el Laboratorio de Virología son de uso común con otros laboratorios del CRI La Platina, como el Termociclador para PCR en Tiempo Real, lectores de ELISA y cámara o sala de crecimiento de plantas.

b. Estación Cuarentenaria

La Estación Cuarentenaria de la Estación Experimental La Platina se compone de invernaderos aislados, construidos principalmente de vidrio, con cimientos y piso de concreto. La Estación cuenta con salas aisladas para realizar cuarentenas, un invernadero para ensayos biológicos y una bodega. En los invernaderos cuarentenarios, las plantas se dejan en el piso de concreto, pero sobre rejillas de madera en el caso de utilizar macetas grandes. Las macetas pequeñas se mantienen sobre estructuras metálicas que pueden ser cubiertas con polietileno para proteger las plantas y regular las condiciones ambientales para su crecimiento.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias en regiones

a. Laboratorios

Los laboratorios de Biotecnología del INIA Intihuasi e INIA Quilamapu cuentan con la mayoría de las áreas consultadas, sin embargo, ninguno cuenta con áreas limpias y sucias. El laboratorio de Fitopatología de INIA Carillanca y el de Biotecnología Vegetal de INIA Remehue no declaran tener áreas o salas, ya que afirman que los análisis de detección y diagnóstico, propagación de plantas y saneamiento de materiales vegetales sólo los realizan ocasionalmente con fines de investigación.

La mayoría de los laboratorios cuenta con al menos un equipo o instrumento consultado, sin embargo, sólo INIA Intihuasi e INIA Quilamapu indicaron la cantidad de cada uno. Los

laboratorios de INIA Carillanca e INIA Remehue indicaron que cuentan con algunos equipos e instrumentos, pero no su cantidad.

b. Estaciones Cuarentenarias

Las Estaciones Cuarentenarias del INIA Intihuasi e INIA Quilamapu cuentan con gran parte de los equipos consultados, aunque actualmente no funcionan de forma regular. No obstante, existe la capacidad instalada para desarrollar cuarentenas cuando se requiera.

En el caso del INIA Intihuasi, la sala tiene piso de cerámica y cuenta con una cámara de crecimiento de plantas, equipos de refrigeración, equipos de pesaje, mesones para poner las plantas, medidor de dureza del agua, pH-metro y conductímetro. Además, posee un invernadero para ensayos biológicos y una bodega. Por su parte, el INIA Quilamapu posee un invernadero cerrado principalmente de policarbonato, con piso de concreto y con aislamiento, antesala y doble puerta de acceso que lo separa de otras salas. Según su encargada, este invernadero se pretende usar para un futuro trabajo con transgénicos.

Universidades

Los centros o laboratorios dependientes de universidades tienen áreas o salas específicas para cada una de sus funciones, a excepción de los laboratorios de la PUCV y la UCH.

El Centro de la UTFSM no realiza análisis de detección y diagnóstico, pero sí tratamientos de quimioterapia y desinfecciones estándares para investigación. La UNAB multiplica material *in vitro* en laboratorios constituidos por una sala de preparación de medios, lavado, cámara de crecimiento y una cámara de flujo laminar.

Las salas o áreas de cultivo para termocicladores y equipos de electroforesis y lavado de material, sólo están presentes en los laboratorios de la UACH y la UdeC. Los laboratorios de la UACH, UdeC y PUCV no cuentan con área limpia ni sucia. También es importante señalar que los laboratorios de la UNAB, UTFSM, UACH (Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular de Cultivos) y de la UdeC poseen termocicladores para PCR en Tiempo Real.

Ninguno de los laboratorios de las universidades encuestadas tiene una estación cuarentenaria. Sin embargo, la UdeC tiene planificada la construcción o adquisición durante 2018-2019 de nuevas cámaras de crecimiento de plantas (Fitotrones) con protocolos preliminares de bioseguridad, que asemejan a un sistema cuarentenario cerrado.

Laboratorios Privados

El Laboratorio de Fitopatología de Diagnofruit presenta todas las áreas o salas consultadas, de forma separada y con acceso restringido. Las áreas principales del laboratorio son la de recepción e inspección de muestras, lavado de material, cultivo, molecular y de autoclave. En ellas se realizan procesos y actividades específicas, de acuerdo con las técnicas de análisis

a realizar.

El laboratorio tiene la mayoría de los equipos e instrumentos consultados para la aplicación de las técnicas de detección-diagnóstico y saneamiento vegetal que realiza. El laboratorio cuenta con un sistema de resguardo ante fallas en los equipos o problemas de energía.

Viveros

La infraestructura y equipamiento de Univiveros y Vivero La Palma consta de construcciones aisladas para realizar cuarentenas prediales (nivel 2), diseñadas según los requisitos establecidos por el SAG para este tipo de cuarentena. Los invernaderos de ambas estaciones cuentan con elementos básicos, como salas con doble puerta de acceso, antesalas, pediluvios, sistema de acceso restringido e indumentaria apropiada para el personal de cuarentena.

Univiveros cuenta con una estación cuarentenaria predial de nivel 2A, con 10 naves o invernaderos separados entre sí, hechos de los materiales de construcción exigidos por el SAG para este tipo de cuarentena. Por su parte, Vivero La Palma posee una estación cuarentenaria predial de nivel 2A, con invernaderos de madera y polietileno y piso de concreto.

Univiveros dispone de cámaras frigoríficas fuera de la estación cuarentenaria para almacenar materiales resguardados por el SAG y una bodega de almacenamiento que consiste en un container de cuarentena. Además, para operar dentro de las naves, se utilizan buzos y delantales desechables, cubre calzado desechable y guantes quirúrgicos.

Univiveros dispone de termómetros en todas las naves cuarentenarias, de tal manera que el encargado de las cuarentenas riega los pasillos de las naves para bajar la temperatura cuando ésta es elevada. Actualmente, una de las naves cuenta con calefactores y luces, que permiten regular la temperatura interna y aumentar el crecimiento de las plantas.

4.3.4 Procedimientos y técnicas de análisis

Servicio Agrícola y Ganadero

Complejo Lo Aguirre

a. Laboratorios

El conjunto de laboratorios del Complejo Lo Aguirre ofrece una importante variedad de técnicas de detección y diagnóstico de bacterias, hongos, virus, viroides y fitoplasmas, especialmente de aquellos microorganismos que constituyen plagas cuarentenarias. Los laboratorios de Bacteriología, Micología y Virología utilizan ensayos biológicos como indexaje, pruebas de taxonomía clásica (caracterización morfológica, fisiológica y

bioquímica), técnicas serológicas (ELISA), de biología molecular (PCR convencional y PCR en Tiempo Real) y aislamiento y cultivo de patógenos en medios generales y específicos enriquecidos para su crecimiento.

El Laboratorio de Bacteriología aplica la prueba de ELISA en sus modalidades directa, indirecta y DAS. En el Laboratorio de Virología esta técnica actualmente se utiliza con menor frecuencia.

Los laboratorios realizan secuenciación de fragmentos de PCR, sólo cuando se requiere, mediante la empresa Macrogen de USA. La técnica de clonación es solicitada por los laboratorios al Laboratorio de Biotecnología.

Otras técnicas declaradas por el Laboratorio de Bacteriología es la utilización de compuestos carbónicos y nitrogenados, degradación de moléculas, test rápidos y otras pruebas como antibiosis, utilización de sales en distintas concentraciones y temperaturas, hipersensibilidad; y la combinación de técnicas como extracción directa-PCR, Bioensayos-PCR directo, entre otras. El Laboratorio de Micología también utiliza cromatografía de capa fina (método tradicional).

b. Estación Cuarentenaria

La ECA SAG de Lo Aguirre cuenta con un sistema de regulación ambiental que incluye el control de la temperatura y humedad relativa, dependiente de las Unidades Manejadoras de Aire (UMAS) que permiten enfriar el aire al interior de los invernaderos, así como también cuentan con atomizadores que micronizan las gotas de agua. Este sistemas es controlado mediante un *software* que permite el monitoreo y manejo remoto de las variables ambientales de los invernaderos cuarentenarios.

El agua destilada requerida para la ECA SAG y sus laboratorios de diagnóstico y detección asociados es obtenida desde un sistema de osmosis inversa de uso común para el Complejo. Para la eliminación de desechos, se utiliza autoclave e incineración. La autoclave se usa para esterilizar material de trabajo y el incinerador para quemar sustratos y restos vegetales bajo condiciones controladas. Los envases de plaguicidas, reactivos y otros residuos tóxicos son retirados y procesados por la empresa PROCESAN S.A.

Laboratorios del Servicio Agrícola y Ganadero en regiones

Las Unidades de Fitopatología del SAG en regiones consultadas realizan ensayos biológicos, pero sólo en Lo Aguirre se realiza indexaje. Algunos de los ensayos biológicos aplicados por los laboratorios son: pruebas de patogenicidad, inoculación, ensayos de hospederos diferenciales y aislamientos en medios de cultivo selectivos y semi selectivos, pruebas fisiológicas y pruebas bioquímicas para la identificación de microorganismos, determinación de azúcares y enzimas.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Centro Regional de Investigación La Platina

a. Laboratorios

Para la detección y diagnóstico de virus, viroides y fitoplasmas en vides, carozos, pepino dulce, papa y ajo, el Laboratorio de Virología utiliza las técnicas ELISA tradicional, PCR Nested, PCR en tiempo real, clonación y secuenciación. Las técnicas se solicitan como servicio a la empresa Macrogen. Este laboratorio también realiza ensayos biológicos de inoculación mecánica y utiliza PCR-Multiplex. El laboratorio de Fitopatología utiliza como técnicas de diagnóstico ensayos biológicos, PCR convencional y pruebas microbiológicas. Además, realiza pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias. Por su parte, el laboratorio de Biotecnología utiliza la mayoría de las técnicas consultadas a excepción de ensayos biológicos, LAMP e hibridación molecular. Como prueba microbiológica este laboratorio realiza análisis de resistencia a antibióticos.

En las instalaciones del Laboratorio de Virología, además de la detección y diagnóstico de virus, viroides y fitoplasmas, se aplican diversas técnicas de saneamiento tales como el cultivo de meristemas *in vitro*, microinjertación (en desarrollo), crioterapia, termoterapia in *vivo* e *in vitro*, quimioterapia y electroterapia. Para la multiplicación *in vitro*, se utilizan algunas de las áreas antes señaladas como el área de preparación de medios (mesón) y lavado, y dos salas y una cámara de crecimiento.

b. Estación Cuarentenaria

La Estación Cuarentenaria del INIA La Platina realiza control fitosanitario de los invernaderos, el cual consiste en la limpieza de los cubículos, lavados con Biocid y aplicación de pintura. Para disminuir la presión de patógenos, los invernaderos tienen canaletas en su contorno y el agua utilizada para el riego es dirigida a cámaras para su tratamiento; para el monitoreo de plagas se usan trampas cromáticas. Respecto a su sistema de control ambiental, la EC declara contar con todos los elementos consultados, a excepción de un software de control ambiental.

La eliminación de desechos, tanto líquidos como sólidos, se realiza usando autoclave o incineración, o contratando un servicio de manejo de residuos peligrosos o especiales (empresa STU).

Laboratorios del Instituto de Investigaciones Agropecuarias en regiones

a. Laboratorios

El Laboratorio de INIA Carillanca es el laboratorio que más técnicas de diagnóstico aplica de las consultadas, incluyendo PCR convencional y sus variantes, clonación y pruebas

microbiológicas; por el contrario, el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del INIA Remehue, al estar enfocado en proyectos de investigación específicos en mejoramiento genético de papa y detección de virus para análisis internos, sólo declara utilizar PCR convencional, RT-PCR y ELISA. El Laboratorio de Biotecnología del INIA Quillamapu no reporta información.

Los laboratorios de Biotecnología del INIA Intihuasi, INIA Quilamapu e INIA Remehue cuentan con instalaciones y equipamiento para el cultivo de meristemos *in vitro* (INIA Intihuasi e INIA Quilamapu), embriogénesis somática (INIA Intihuasi), microinjertación (INIA Intihuasi), termoterapia (INIA Remehue) y quimioterapia (INIA Remehue).

b. Estaciones Cuarentenarias

El control fitosanitario y el sistema de control ambiental disponible en las Estaciones Cuarentenarias del INIA Intihuasi e INIA Quilamapu, el Laboratorio de Biotecnología del INIA Intihuasi cuenta sólo con medidas de sanitización para la limpieza de la sala y las capacidades para el monitoreo de plagas, sin disponer de elementos que permitan un manejo ambiental de ella. El Laboratorio de Biotecnología del INIA Quilamapu no aplica actualmente medidas de sanitización para la limpieza de su invernadero, pero declara que es posible hacerlo si es necesario. INIA Quilamapu también dispone de un conjunto de sistemas para el manejo de la temperatura, aire y agua en el invernadero, aire acondicionado y un software para controlar las variables ambientales en su interior. También cuenta con luces LED de alta tecnología, especiales para plantas.

Universidades

La UDEC y la UACH (Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular de Cultivos) aplican gran parte de las técnicas de diagnóstico consultadas, especialmente PCR convencional, dúplex, Nested, RT y PCR en tiempo real. La UdeC también realiza hibridación molecular (radioactiva y no radioactiva), técnicas pocos comunes en el universo de laboratorios encuestados.

El Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular de Cultivos de la UACH realiza clonación y la UNAB utiliza secuenciación para la detección y diagnóstico de patógenos. Por su parte, la UMAYOR emplea microinyección de ADN en ovocitos. Finalmente, el Centro de Biotecnología Dr. Alkalay Lowitt de la UTFSM, utiliza técnicas de quimioterapia y desinfección estándar.

Centros de Investigación

Los centros y laboratorios también tienen estandarizadas técnicas de análisis de detección y diagnóstico. El CGNA es el centro de investigación que cuenta con un mayor número de técnicas estandarizadas, las que incluyen ensayos biológicos y técnicas moleculares (clonación y PCR), pero sólo con fines de investigación. El CGNA no realiza detección, ni diagnóstico de fitopatógenos. CEAF realiza ensayos biológicos, técnicas moleculares (PCR y

PCR en tiempo real), ELISA y pruebas microbiológicas.

El CER realiza sólo ensayos biológicos, tales como identificación y caracterización taxonómica, aislamiento en medios de cultivo, inoculaciones, pruebas de eficacia *in vivo* e *in vitro*, entre otros, y pruebas de patogenicidad.

El CEAF cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y los residuos líquidos del laboratorio son dispuestos y retirados por una empresa especializada.

Para la eliminación de desechos los laboratorios utilizan autoclave y recurren a la subcontratación de servicios.

Laboratorios Privados

El laboratorio de Fitopatología de Diagnofruit utiliza la mayoría de las técnicas de análisis consultadas en los servicios de detección-diagnóstico y actividades que realiza, tales como análisis microbiológicos (pruebas de patogenicidad y de resistencia, cuantificación del porcentaje de inóculo presente), análisis moleculares (PCR y determinación genética), y análisis de procesos de control de calidad (PAM).

Este laboratorio, además de las técnicas de detección-diagnóstico, indica que realiza saneamiento de material vegetal mediante el cultivo de meristemas y embriogénesis somática *in vitro*.

4.3.5 Sistemas de Gestión de Registros y de Calidad

Servicio Agrícola y Ganadero

Complejo Lo Aguirre

Los laboratorios analizados realizan un registro periódico de datos e información en planillas manuales sobre aspectos como la temperatura diaria de sus estufas y refrigeradores, autoclaves entre otros. También llevan un registro manual de las mantenciones y calibraciones realizada a los equipos utilizados. Si bien la frecuencia de mantención y calibración depende de cada equipo, el Subdepartamento de Laboratorio y estación Cuarentenaria Agrícola tiene un programa de mantención y calibración que los laboratorios siguen de acuerdo con sus requerimientos. Las características generales, análisis realizados y resultados de las muestras se registran en libros y luego se traspasan a planillas Excel que conforman una base de datos interna, a la cual tiene acceso todo el personal de laboratorio, tanto profesional como técnico. Una vez realizados los análisis pertinentes para una muestra determinada, se emite un informe final con los resultados de esos análisis.

La ECA SAG mantiene un registro de temperatura y humedad de los cubículos, así como las observaciones al material vegetal bajo inspección, en planillas manuales denominadas libros de cuarentena. La ECA SAG cuenta con un sistema computarizado de monitoreo en tiempo real y control remoto de las condiciones ambientales temperatura y humedad relativa, que transcribe los datos de forma automática en planillas Excel.

Para almacenar y resguardar la información de sus análisis, los laboratorios SAG y la ECA SAG utilizan una plataforma (software) nacional denominada "Sistema de Información de Sanidad Vegetal (SISVEG)", en la cual se ingresan digitalmente todas las muestras recibidas en cualquier laboratorio.

Algunos equipos utilizados en los distintos laboratorios utilizan softwares específicos, por ejemplo, para la lectura de placas ELISA (Virología) o la verificación de pipetas (Biotecnología).

Para la gestión de calidad de los análisis de detección y diagnóstico fitosanitario, los laboratorios se rigen por "Buenas Prácticas de Laboratorio" bajo la Norma ISO 17025, las cuales son impartidas en forma práctica durante un período de inserción del personal a cada laboratorio, de duración variable, en función de las habilidades y conocimientos previos de cada persona. Para implementar y supervisar estas prácticas, existe un Sistema de Gestión de Calidad del Departamento de Laboratorios, del cual forman parte los laboratorios SAG bajo estudio. El Laboratorio de Biotecnología ha asistido a rondas interlaboratorios anuales sobre detección de OGM's.

Servicio Agrícola y Ganadero en regiones

Las Unidades de Fitopatología del SAG en regiones también llevan un registro periódico manual y digital de información relativa al seguimiento y resultados de sus análisis, mantención, calibración y certificados de los equipos, stock y perecibilidad de reactivos e insumos, entre otros aspectos. Esta información es traspasada luego a planillas Excel que son almacenadas en computadoras presentes en los laboratorios u oficinas.

Al igual que los laboratorios del Complejo Lo Aguirre, los laboratorios regionales utilizan la base de datos web SISVEG para almacenar y resguardar los informes fitosanitarios de muestras, con sus características, análisis realizados y resultados obtenidos.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Centro Regional de Investigación La Platina y regionales

El Centro Regional de Investigación La Platina y los Centros Regionales de Investigación en regiones realizan un registro manual de su información que posteriormente es respaldada en formato digital a través de *softwares* convencionales (MS Word y MS Excel). El resguardo de la información se realiza principalmente mediante *pendrives* y/o discos duros portátiles.

El Laboratorio de Biotecnología del Centro Regional de Investigación La Platina, resguardan su información en cuadernos personales y archivos divididos por área temática, y posteriormente en plataformas digitales (Amazon y OneDrive). Además, utiliza códigos QR por medio del celular, lo que facilita la trazabilidad de las muestras.

La totalidad de los laboratorios declararon mantener un registro de sus instructivos técnicos y/o protocolares, del stock y perecibilidad de los reactivos y/o insumos (a excepción del laboratorio del INIA Remehue). Asimismo, todos realizan mantención, calibración y certificación de los equipos de laboratorio.

Universidades

La mayoría de los laboratorios encuestados señaló realizar un registro manual de la información obtenida de su análisis y resultados, así como de las mantenciones y calibraciones de sus equipos. Esta información posteriormente es respaldada en formato digital, a través de *softwares* tradicionales (MS Excel). La UMAYOR protege su información en una plataforma en línea (Dropbox).

La PUCV cuenta con un servidor para el almacenamiento de su información, al que sólo puede acceder personal autorizado. Sólo la UTFSM declaró mantener registros de sus instructivos técnicos y/o protocolares.

La PUCV (Núcleo de Biotecnología Curauma), UDEC (Centro de Biotecnología) y la UACH declararon ajustar su sistema de gestión de calidad y buenas prácticas de laboratorio a la Norma ISO 17025. Los profesionales del NBC de la PUCV se encuentran certificados en “Prevención de Riesgos y Buenas Prácticas de Trabajo en Laboratorio”.

Todos los laboratorios declararon realizar un manejo de stock y perecibilidad de sus reactivos y/o insumos. Casi la totalidad de los laboratorios señaló realizar mantención, calibración y certificación de sus equipos de laboratorio, a excepción de la PUCV, UCH y UMAYOR.

Centros de Investigación

Los laboratorios de CGNA, CEAF y CER registran de forma manual en planillas impresas las muestras recibidas. Las calibraciones de sus equipos e instrumentos de medición y el stock y perecibilidad de los reactivos también se registran en planillas impresas y en libros de registro. Todos los laboratorios mantienen un control periódico de temperatura de sus estufas y cámaras de cultivo.

El ingreso de las muestras y los resultados de sus análisis se digitan en planillas Excel que son almacenadas y resguardadas en las computadoras de cada laboratorio.

Los laboratorios de los centros también utilizan softwares propios de los equipos que utilizan.

Laboratorios Privados

En Diagnofruit, toda la información relativa a las muestras, seguimiento y resultados de análisis y tratamientos, mantenciones y calibraciones de equipos, entre otros, se registra primero de forma manual y luego mediante un software convencional como MS Excel.

El sistema de gestión de calidad o Buenas Prácticas de Laboratorio se basa en protocolos internos que dan cuenta, por ejemplo, del número de muestras necesarias en un análisis determinado para asegurar la fidelidad de los resultados. Además, dependiendo del área del laboratorio, se utilizan controles positivos y negativos. También posee diversos protocolos para las técnicas de análisis y el funcionamiento de los equipos del laboratorio, los cuales se encuentran archivados y disponibles para todo el personal técnico-profesional del laboratorio.

Para asegurar una adecuada mantención, calibración y certificación de los equipos, se efectúan mantenciones técnicas periódicas, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de cada equipo e instrumento.

Finalmente, para un adecuado manejo del stock de insumos (sustratos, reactivos, etc.) se lleva un registro de cada producto y su disponibilidad. El laboratorio mantiene acuerdos con otras empresas de insumos que le garantizan el stock de productos.

Viveros

Univiveros sólo declaró llevar un registro manual de todas las actividades y procedimientos realizados en la estación, mediante actas y formularios. Vivero La Palma no respondió esta sección de la encuesta.

4.3.6 Sistemas de Bioseguridad y seguridad/bienestar del personal

Servicio Agrícola y Ganadero

Complejo Lo Aguirre

Los laboratorios del SAG y la Estación Cuarentenaria Agrícola del Complejo Lo Aguirre, ajustan sus protocolos de bioseguridad de acuerdo con lo que señalan las “Buenas Prácticas de Laboratorio”. El sistema general establece que todo elemento o material utilizado debe ser esterilizado por calor húmedo utilizando autoclaves, antes de lavarlo o eliminarlo. Asimismo, cualquier desecho que pueda afectar al medioambiente debe ser tratado previamente antes de ser eliminado. Algunas sustancias como residuos químicos líquidos y

sólidos plásticos deben ser depositados en recipientes sellados, que luego son retirados y tratados por la empresa PROCESAN S.A., con la cual el SAG mantiene un convenio.

El material vegetal proveniente de cuarentenas y prospecciones específicas es eliminado por incineración en el sector Pecuario del Complejo. Otra opción utilizada como un método de mantención de muestras con síntomas de virus, declarada por el Laboratorio de Virología, es congelar el material infectado entre -20 y -80 ºC.

Los laboratorios también cuentan con protocolos de seguridad y emergencia para el personal que trabaja en ellos, los cuales son transmitidos por el Comité Paritario del Complejo. Todos los laboratorios cuentan con un encargado de Bioseguridad que vela por el cumplimiento de los protocolos y medidas de su área.

En la Estación Cuarentenaria Agrícola del Complejo Lo Aguirre, además de los protocolos transmitidos por el Comité Paritario del Complejo, existen procedimientos internos ante emergencias específicas asociadas a situaciones propias de la Estación. Para asegurar la correcta ejecución de los protocolos de seguridad y emergencia por parte del personal, se realizan períodos de inducción en los que los participantes aprenden a manipular las muestras, instrumentos, equipos y reactivos. Para prepararse ante emergencias, el personal de los laboratorios ha realizado cursos de primeros auxilios, uso de extintores, manejo de autoclaves y medidas de evacuación. En cada laboratorio, hay personas capacitadas designadas como monitores en casos de emergencia.

Finalmente, los laboratorios y la ECA SAG cuentan con las instalaciones adecuadas para las necesidades de descanso y bienestar del personal.

Laboratorios del Servicio Agrícola y Ganadero en regiones

Las Unidades de Fitopatología del SAG analizadas declaran que ninguna está certificada bajo la Norma ISO 17025, pero las del SAG Bío-Bío, SAG Araucanía y SAG Los Lagos, se basan en la Norma ISO 17025 para desarrollar sus protocolos y están proceso de implementación.

Cada Unidad cuenta con un registro de Instructivos Técnicos y Procedimientos y un libro de registro para el manejo del stock y perecibilidad de sus reactivos y/o insumos. En el manejo de los equipos, las Unidades del SAG Bío-Bío y SAG Araucanía declaran hacerse cargo de su mantención, calibración y certificación. En la Unidad de SAG Araucanía, las autoclaves cuentan con certificados de registro vigentes de la SEREMI de Salud de la región.

Las Unidades de Fitopatología del SAG Araucanía y SAG Los Lagos declaran seguir los Protocolos de Bioseguridad elaborados por el Departamento de Laboratorios del SAG. Para el caso de los laboratorios de SAG Bío-Bío, su personal recientemente está recibiendo capacitaciones para crear sus propios protocolos de bioseguridad y sistemas de contención.

Las Unidades de SAG Araucanía, SAG Bío-Bío y SAG Los Lagos cuentan con Protocolos de

Bioseguridad y de seguridad para las personas, los cuales son implementados y supervisados por la ACHS a través del Comité Paritario. Todos los laboratorios tienen salas u oficinas para el bienestar y descanso de sus funcionarios.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

A nivel nacional, el INIA se rige por los Protocolos establecidos por la Norma ISO 17025 y de Bioseguridad por Buenas Prácticas de Laboratorio para el desarrollo de las diversas actividades de investigación que se desarrollan en sus centros. La Estación Cuarentenaria del INIA La Platina, a pesar de no estar activa actualmente, cuenta con una infraestructura diseñada para un Nivel de Bioseguridad III, de acuerdo con el Manual de Bioseguridad de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), por lo que posee una serie de barreras físicas con pediluvios, accesos diferenciados y controlados, alarmas en los accesos, entre otros elementos.

Las instalaciones habilitadas para cuarentena de los laboratorios de Biotecnología del INIA Intihuasi e INIA Quilamapu cuentan con equipamiento adecuado y varios de estos elementos, pero no declaran regirse por protocolos de bioseguridad para estaciones cuarentenarias.

Para la seguridad del personal en los laboratorios de INIA La Platina cuentan con protocolos y medidas de acción y resguardo ante accidentes y emergencias, los cuales son revisados por la ACHS y el Comité Paritario del Centro y a través de charlas de inducción. Además, mantienen los protocolos publicados en el acceso a los laboratorios.

Los Centros INIA en regiones tienen protocolos de seguridad similares. Sin embargo, el Laboratorio de Biotecnología del INIA Carillanca se rige por el Procedimiento de Trabajo Seguro (PTS), mientras que el Laboratorio de Biotecnología del INIA Remehue sigue el Plan de Emergencias general de su Estación Experimental y sistemas de contención en bodegas de residuos.

Los edificios que contienen los laboratorios poseen rutas de escape despejadas y señalizadas ante posibles emergencias. Adicionalmente, INIA La Platina cuenta con paramédicos para entregar primeros auxilios a sus funcionarios en caso de accidentes.

Todos los laboratorios bajo estudio disponen de salas u oficinas para el descanso y bienestar del personal. INIA La Platina cuenta con 4 salas de reuniones más un auditórium, cada laboratorio cuenta con una sala multiuso y cada investigador tiene una oficina. En los Centros de INIA en regiones, todos los laboratorios tienen una sala destinada al descanso de sus funcionarios.

Universidades

Las universidades tienen protocolos de seguridad o emergencia para personas, aunque la

UCH no reporta información al respecto. Todas las universidades declararon contar con salas u oficinas destinadas al descanso del personal.

Centros de Investigación

Los laboratorios de los Centros del CGNA y CEAF declaran tener protocolos de seguridad y emergencia para el personal del laboratorio ante posibles imprevistos, los cuales se encuentran impresos y archivados en carpetas y son de fácil acceso para todo el personal del laboratorio. Además, cuentan con salas u oficinas para el descanso del personal, siendo éstas en algunos casos, salas de reuniones y de planificación de trabajo.

Laboratorios Privados

Diagnofruit cuenta con protocolos de bioseguridad y de seguridad, o respuesta ante emergencias para el personal. La respuesta ante emergencias para el personal está basada en un manual de procedimientos propuesto por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Además, tiene salas y/u oficinas para el esparcimiento y descanso del personal.

El manual de procedimientos MINVU contiene información sobre las principales medidas y reglas de bioseguridad como la protección del personal, prevención de riesgos, almacenamiento de líquidos y soluciones inflamables, desinfección de espacios, eliminación de desechos, señalización de áreas, entre otros, y es de acceso libre y de conocimiento obligatorio para el personal técnico y profesional del laboratorio.

Viveros

Los viveros encuestados no declararon contar con sistemas o protocolos de bioseguridad o para el manejo de residuos. En Univiveros los desechos líquidos se depositan en un pozo para tratarlos con hipoclorito previo a drenarlos y los desechos sólidos son enterrados en una zanja.

4.3.7 Capital humano

Servicio Agrícola y Ganadero

Complejo Lo Aguirre

Los laboratorios del SAG y la ECA SAG en Santiago, son administrados y operados por un equipo técnico compuesto por un total de 35 personas, 19 de los cuales son profesionales con postítulo de Magister (18) y Doctorado (1; Blanco del Valle, 2018), 11 técnicos y 5 desempeñan funciones auxiliares. En promedio, trabajan 6 personas por laboratorio, siendo el laboratorio de Bacteriología el que presenta el mayor número (9), con 5 profesionales, 2 técnicos y 2 auxiliares. Los equipos están formados por una combinación de profesionales y técnicos relacionados con las áreas de biotecnología, bacteriología, patología, entomología, virología, malezas y gestión, siendo los encargados de los laboratorios

principalmente Ingenieros/as Agrónomos/as. Además, parte importante del personal son Técnicos Agrícolas o de carreras técnicas homólogas.

Laboratorios SAG en regiones

En total, el número de personas que conforman las Unidades de SAG en Arica y Parinacota, Valparaíso, Ñuble, Araucanía, Los Lagos, Aysén del Gral. Carlos Ibañez del Campo y Magallanes suman 25 personas, de los cuales 16 son profesionales con postítulo de Magister (Blanco del Valle, 2018), 7 técnicos y 2 auxiliares. Los equipos están formados principalmente por Ingenieros/as Agrónomos/as y Técnicos Agrícolas.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Centro Regional de Investigación La Platina

Los laboratorios del INIA La Platina cuentan con un equipo técnico de 14 integrantes en total, de los cuales 6 pertenecen al Laboratorio de Virología y a la Estación Cuarentenaria, 4 al de Fitopatología y 4 al de Biotecnología. El laboratorio de Virología y ECA SAG en conjunto cuentan con 2 profesionales, 2 técnicos y 1 auxiliar. El Laboratorio de Virología cuenta con un doctor y el Laboratorio de Fitopatología con un magíster.

Predominan profesionales de las áreas de Biología, Biotecnología, Agronomía y, en menor proporción, de las áreas Forestal, Química y Bioquímica, y con especialidades acordes a las competencias requeridas en cada laboratorio, y una vasta experiencia laboral.

Laboratorios INIA en regiones

Los laboratorios regionales del INIA regional cuentan con un equipo técnico de 12 integrantes, de los cuales 3 trabajan en el Laboratorio de Biotecnología del INIA Intihuasi, 3 en el INIA Carillanca, 3 en el INIA Quilamapu y 3 en el Laboratorio de Fitopatología de INIA Carillanca.

Predominan profesionales del área de la Agronomía y en menor medida del área de la Bioquímica, Biotecnología y Alimentos. En promedio, los profesionales tienen entre 1 año a 17 años de experiencia, por lo que cuentan con profesionales de a lo menos 5 años de experiencia hasta 30 años el de mayor experiencia, la mayoría de ellos tiene el grado de doctor.

Universidades

Todos los Centros y laboratorios dependientes de las universidades encuestadas cuentan con dotaciones importantes de personal altamente calificado. La UNAB presenta el mayor número de personal profesional (30), seguida de la UDEC (6), UTFSM (5), PUCV (4) y la UACH

(2). Dentro de sus equipos de trabajo, sólo la UNAB, UACH y la UDEC cuentan con personal técnico, y sólo la PUCV (CBC) y la UACH (Laboratorio de Entomología) poseen personal auxiliar.

Centros de Investigación

El CEAF está dotado de un equipo de 27 personas, 16 de las cuales son profesionales, 5 técnicos y 6 auxiliares de aseo. El CER reporta un equipo total de 9 trabajadores, de los cuales 3 son profesionales y 6 técnicos.

El equipo de trabajo del CGNA se conforma de 15 profesionales con 4 años de experiencia en promedio, 10 con algún postítulo (7 doctores y 3 con grado de magíster). El CEAF presenta 7 doctores, 2 profesionales con grado de magíster, 2 licenciados y 2 técnicos, los cuales promedian un total de 10 años de experiencia. En ambos casos se trata de equipos multidisciplinarios de profesionales ligados principalmente a las áreas de Agronomía, Biotecnología, Bioquímica, con especialidades en mejoramiento genético, genómica y cultivo *in vitro*.

Laboratorios Privados

El equipo de trabajo de Diagnofruit está conformado por 12 personas, de los cuales 8 son profesionales, 3 técnicos analistas y 1 persona que realiza servicios auxiliares. En su mayoría, los profesionales del equipo son ingenieros e investigadores de las áreas de Agronomía, Bioquímica y Biotecnología, con una experiencia profesional de 12 años en promedio.

De los 8 profesionales que trabajan en este laboratorio, 5 poseen algún postítulo (3 doctorados y 2 magíster). Sus especialidades abarcan la Producción Agrícola, Fitopatología, Biotecnología, Genética Vegetal, Biología Molecular de Plantas y Microbiología.

Los cargos del equipo de trabajo se distribuyen en 2 investigadores principales con grado de magíster y doctorado; 1 ayudante de investigación con grado de licenciado; 1 jefe de laboratorio y 1 asistente de laboratorio, ambos técnicos. Además, cuenta con un profesional analista en terreno.

Viveros

Univiveros cuenta con un equipo conformado por 12 personas, de los cuales 6 son profesionales, 4 técnicos y 2 auxiliares, todos ligados al área de la agronomía y la agricultura. La experiencia promedio del equipo profesional y técnico es de 12 años, siendo el Encargado de cuarentenas (26), el Jefe de Posventa (20) y el Gerente de Propiedad Intelectual (11) los profesionales con más años de experiencia.

Vivero la Palma tiene 5 personas, y de los cuales tenemos 2 profesionales, 1 técnico y 2

auxiliares. Los dos profesionales pertenecen al área de la agronomía, uno con 10 años de experiencia (Administrador) y el otro con dos 2 años (Encargado de vivero).

4.3.8 Importación de material genético

Servicio Agrícola y Ganadero

Ninguno de los laboratorios ha importado material vegetal, a excepción del material para uso interno de la ECA SAG en que el material vegetal de propagación importado corresponde a controles positivos, con el fin de la identificación y control de enfermedades, debiendo cumplir los mismos requisitos del material importado con fines comerciales, es decir los tiempos de cuarentena posentrada.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

El INIA requiere importar con frecuencia o ha importado germoplasma frutal de interés, debido a que participa en diferentes proyectos de los Consorcios Tecnológicos del sector frutícola y en los Programas de Mejoramiento Genético de especies frutales de importancia económica que se están desarrollando en el país. Los laboratorios de Virología y Biotecnología del INIA La Platina, el Laboratorio de Biotecnología de INIA Intihuasi y el Laboratorio de Biotecnología del INIA Quilamapu, declaran importar o haber importado material vegetal para sus programas de investigación. Debiendo cumplir con todos los requisitos fitosanitarios por resolución, así como el tiempo de cuarentena posentrada.

El INIA La Platina cuenta con una Estación Cuarentenaria propia que ha recibido numerosas especies frutales, hortícolas e incluso insectos. Sin embargo, en la actualidad estas instalaciones no se encuentran operativas para realizar cuarentenas, y los materiales importados son sometidos a cuarentena posentrada en la ECA del SAG en Lo Aguirre, o en servicios de cuarentena privados autorizados por el SAG.

Los investigadores involucrados en el proceso de importación declaran que el proceso de importación de material vegetal para investigación no ha sido expedito, debido a que las fuentes de origen de los materiales a importar se niegan a cumplir los requerimientos establecidos en las normativas chilenas, especialmente cuando se trata de virus. Además, los materiales que se requieren importar son exóticos y la mayoría de las veces no están regulados por el SAG, lo que obliga a iniciar un ARP que puede tardar hasta 2 años.

Las principales barreras identificadas en el proceso de importación de acuerdo con las experiencias de los laboratorios se resumen en:

a. El INIA importa o ha importado especies vegetales de orígenes que no se encuentran regulados por el SAG, cumpliendo con todos los requisitos fitosanitarios por resolución y el tiempo correspondiente en cuarentena posentrada.

b. El proceso de importación es largo, a menudo engorroso y sin trazabilidad[3]. Se recomienda establecer un sistema de ventanilla única y un protocolo de importación con tiempos predefinidos
c. Imposibilidad de obtener desde la fuente de origen del material vegetal a importar un certificado fitosanitario que cumpla fielmente las exigencias de la normativa chilena. Se sugiere fomentar el establecimiento de convenios con centros extranjeros de producción de germoplasma, específicos para investigación.

Universidades

El Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta de la Universidad de Chile declara importar material vegetal con fines de investigación, cumpliendo con todos los requisitos fitosanitarios por resolución y tiempos de cuarentena posentrada. Se señala que en general el proceso ha sido más expedito en los últimos años debido a la modernización gradual del sistema de solicitudes del SAG, tanto para los trámites de importación como el uso de la ECA. Las principales barreras identificadas por la encargada de la Unidad de Investigación y Proyectos del Grupo son:

a. Incapacidad de generar la información necesaria para un ARP y un Certificado Fitosanitario en origen del material de interés, con fines de investigación. Investigadores recomiendan la existencia de una categoría específica a nivel normativo para la importación de material vegetal destinado a Programas de Mejoramiento Genético, que permita una tramitación más expedita.
b. Imposibilidad de importar material de interés en estado silvestre o "salvaje" no regulado en Chile o en el país de origen (en cuyo caso se presenta el problema del punto "a"). Investigadores recomiendan la posibilidad de internar material sin presentar un certificado fitosanitario e inspeccionarlo y/o limpiarlo en Chile.
c. Problemas de representatividad de la Universidad de Chile al momento de verificar el estado en que llega el envió a Chile ante aduanas o el SAG. Dado a que inspectores SAG se encuentran facultados para recibir y certificar envíos.

El resto de las universidades encuestadas no declara importar o haber importado material vegetal.

Centros de Investigación

El CEAF declara importar o haber importado material vegetal, debiendo cumplir con todos los requisitos fitosanitarios por resolución y tiempos de cuarentena posentrada. Su experiencia consiste en la importación de polen, cuyo proceso requirió ajustarse a los requisitos del SAG y a los tiempos de importación para evitar la pérdida de viabilidad del polen.

[3] En el contexto de la importación, la trazabilidad se refiere a la posibilidad por parte del importador de hacer un seguimiento del estado de sus solicitudes y de recibir información desde el SAG respecto del cumplimiento de cada etapa del proceso de importación y de sus hitos más importantes (ej; resoluciones, autorizaciones, etc.)

Viveros

Univiveros declara importar material con frecuencia, debido a las características de su modelo de negocio y del tipo de servicio que ofrece, por lo que se importa material vegetal con fines comerciales debiendo cumplir con los requisitos fitosanitarios y tiempos de cuarentena definidos por SAG. De acuerdo con su encargado, en general el proceso de importación ha sido expedito, pero no exento de algunas dificultades como:

a. Falta de opciones por parte de los procedimientos SAG para el tratamiento de materiales en los que se han detectado insectos vivos, considerando que procedimientos aplicados actualmente se basan en fundamentos técnicos. Investigadores recomiendan establecer medidas fitosanitarias alternativas para internar materiales al país.
b. Falta de opciones para envíos que exceden el número de ramillas/estacas permitidas, en cuyo caso se procede a destruir todo el embarque

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

5.1 Benchmarking

La legislación actual que rige la importación de material vegetal (Resolución Nº 3.815/ 2003) no contempla un procedimiento exclusivo para la importación de material vegetal con fines de investigación ni facilidades que permitan a los importadores contar con germoplasma en tiempos apropiados para sus emprendimientos o proyectos de investigación. Por tanto, ante la urgente necesidad del recambio de variedades, es importante establecer nuevos y modernos procedimientos que faciliten la importación de este tipo de material, manteniendo la premisa fundamental de conservación y protección de nuestro patrimonio fitosanitario.

Los procedimientos de importación de material vegetal establecidos en Chile no difieren en lo principal de los que se desarrollan en países como Australia, Estados Unidos, Nueva Zelandia, y Brasil. Sin embargo, difiere de manera significativa con estos países en el presupuesto del que disponen sus ONPF para mantener un sistema con altos estándares de seguridad fitosanitaria. Además, estos países cuentan con procedimientos estandarizados para importar material vegetal con fines de investigación, sistemas informáticos adaptados a las necesidades de los importadores y alternativas para obtener material libre de plagas de forma más simple y en tiempos más acotados.

La cuarentena es una medida fitosanitaria de suma importancia en el proceso de importación de material vegetal. Sin embargo, en especies frutales suele ser un proceso lento y, para algunos importadores, engorroso. Además, la actual normativa chilena que regula las cuarentenas posentrada no permite el uso de material con alto riesgo fitosanitario mientras se encuentra en cuarentena. Una alternativa es establecer un sistema

de prioridad para el ingreso a cuarentena absoluta o de filtro de material para investigación; o validar un mayor número de centros en el extranjero que producen material certificado, en cuyo caso las cuarentenas se realizan en origen y los materiales de interés pueden ingresar directamente al país o someterse a cuarentenas abreviadas, dejando así el material inmediatamente disponible para su uso. Chile ha reconocido oficialmente cuatro centros de producción en el extranjero y actualmente se encuentra en desarrollo el reconocimiento de Foundation Plant Services, USA, para la importación de vides.

Las plataformas web que sustentan los procedimientos de importación deben responder a las necesidades de los importadores, desarrollando sistemas informáticos transparentes, didácticos, de interfaz intuitiva y con altos estándares de trazabilidad. La información relacionada a las tarifas de los análisis de bioseguridad y cuarentenas, costos en la aduana e impuestos a pagar por el importador, deben ser de fácil acceso.

5.2 Bancos de Germoplasma

Chile cuenta con una Red Nacional de Bancos de Germoplasma sustentado en la plataforma web GRIN GLOBAL, requiere ser actualizada y financiada con mayores recursos estatales para fortalecer especialmente su sistema público de solicitud y distribución de material vegetal.

Asimismo, debido a la alta dispersión geográfica de material genético relevante para la industria agroalimentaria y el mundo científico, es fundamental caracterizar y organizar las colecciones de germoplasma existente en el país, en especial de especie frutales, sistematizando la información pública y privada, y gestionándola por medio de una nueva plataforma nacional de consulta.

Existen diversas colecciones frutales en jardines de variedades, bloques fundación o planteles madre en manos de consorcios, universidades, centros de investigación y viveros, que actualmente no están reconocidos como bancos de germoplasma, pero que constituyen un importante aporte a la conservación de material genético de importancia económica. Por ello, es recomendable fomentar un catastro de colecciones privadas y homogeneizar los requisitos de gestión de las empresas y/o instituciones que deseen acreditarse como bancos de germoplasma adheridos a la Red Nacional.

Chile debe elevar a categoría de suma importancia el intercambio de germoplasma internacional, debido a la necesidad de avanzar científicamente en el área de la investigación del mejoramiento genético y el desarrollo de métodos de diagnóstico, teniendo en consideración el valor de la agricultura y recursos naturales de Chile, así como su protección ante plagas riesgosas. Una alternativa interesante es el desarrollo de un Banco de Germoplasma de plantas o partes de plantas certificadas; y/o que parte del material vegetal que es traído al país pueda ser conservado en un Banco de Germoplasma Nacional a disposición de cualquier interesado.

Considerando las experiencias de países como Estados Unidos, Nueva Zelandia, Noruega, entre otros, es recomendable que Chile fomente expediciones de recolección oficiales de material genético de importancia económica, tanto dentro como fuera del país, con el fin de complementar las colecciones ya existentes e introducir nuevas.

5.3 Catastro de laboratorios

Un 52,5% de los laboratorios considerados en el estudio tienen capacidades de infraestructura, equipamiento y capital humano para la detección y diagnóstico vegetal 52,5%), tanto en sus instituciones públicas (59,38%) como privadas (44,4%). Sin embargo, se constatan en el país menores capacidades para el saneamiento (27%) y cuarentena (15%) de material vegetal, las cuales podrían incrementarse al considerar los múltiples servicios que actualmente están ofreciendo laboratorios y estaciones cuarentenarias de carácter privado, siempre bajo la autorización del SAG.

Las capacidades técnicas de centros y laboratorios se concentran en la Zona Centro del país, principalmente en la Región Metropolitana, donde se ubica INIA La Platina, el Complejo SAG Lo Aguirre, algunas universidades y centros de investigación. Es recomendable aprovechar el potencial de laboratorios de otras regiones y fortalecerlos, especialmente hacia el sur, donde la actividad frutícola es una actividad productiva importante.

Es necesario explorar e implementar progresivamente nuevas técnicas moleculares como la secuenciación masiva o la metagenómica, que permitan abaratar costos y reducir tiempos al importador, especialmente cuando se trata de material vegetal importado de frutales con fines de investigación.

Se recomienda generar un catastro web de los laboratorios con capacidades de detección-diagnóstico, saneamiento y/o cuarentena de material vegetal, de fácil acceso y didáctico, que permita conocer sus características, y que pueda actualizarse en el tiempo.

El Complejo de laboratorios y Estación Cuarentenaria Agrícola de SAG Lo Aguirre es el único organismo que cuenta con la infraestructura y capacidades técnicas requeridas para trabajar con plagas cuarentenarias en el país. Además, se identificó que existen importantes capacidades técnicas y profesionales en otros laboratorios y Centros para la detección y diagnóstico de plagas. Por lo tanto, se plantea la posibilidad de que algunos de estos Centros y/o laboratorios puedan apoyar en algunas de las labores rutinarias de los laboratorios del SAG, previa autorización de este Servicio.

6. BIBLIOGRAFÍA

Amago, F. 2000. Logística y Marketing Geográfico: Geomarketing, para tomar decisiones visualmente.

ASOEX (Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G.). 2018. Propuestas para Avanzar en una Fruticultura de Exportación Sustentable: Acciones de Colaboración Público-Privadas. Expediente Exportador Nº 14. Frutas de Chile. Chile. 97 p.

Atlas media. 2016. OEC: Brasil. [En línea]. Recuperado en: <https://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/bra/> Consultado el: 20 de junio de 2018.

Blanco del Valle, F. 2018. Postítulos de la red de Laboratorios SAG. [Correo electrónico].

BlueBerries. 2017. Urge una renovación varietal en frutales. [En línea]. Recuperado en: <https://www.blueberrieschile.cl/urge-una-renovacion-varietal-frutales/> Consultado el: 28 de marzo de 2017.

CIPF (Convención Internacional de Protección Fitosanitaria). 2013. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias. Normas internacionales para medidas fitosanitarias 11. FAO. Roma. 42 p.

Cisneros, F. 1995. Control de plagas agrícolas: 12. Control legal. 9 p.

Climate data. s.f. Clima: Brasil. [En línea]. Recuperado en:<https://es.climate-data.org/country/114/> Consultado el: 21 de junio de 2018.

Climate data. s.f. Clima: Nueva Zelandia. [En línea]. Recuperado en: <https://es.climate-data.org/country/9/> Consultado el: 21 de junio de 2018.

Comité de Industrias Energéticas. 2007. Guía de Benchmarking: Teoría y práctica de esta metodología. Madrid, España. 106p.

Cortés, M. 2011. Centro nacional de recursos genéticos conservando la diversidad de los recursos genéticos mexicanos. In: Centro Nacional de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. 9 de Noviembre, 2001. Mérida, Yucatán. México.

De Abreu, E.; A. Giuliani; N. Kassouf y D. Alves. 2006. Benchmarking como instrumento dirigido al cliente. Invenio, 9(17): 77-94 p.

Department of Agriculture and Water Resources. s.f. Strategic statement. Australia. 1p.

Department of Agriculture and Water Resources. 2018. Importing Plant Research Material. [En línea]. Recuperado en: <http://www.agriculture.gov.au/import/goods/plant-

products/how-to-import-plant-research-material-into-australia#types-of-plant-research-material-that-can-be-imported-into-australia> Consultado el: 20 de junio de 2018.

Engels, J. y L. Visser (eds). 2007. Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma N°6. Biodiversity International, Roma, Italia.

FAO (Food and Agricultural Organization). 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Edición revisada. Roma, Italia.

FAO (Food and Agricultural Organization). 2009. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. 68p.

Fedefruta (Federación de Productores de Fruta de Chile). 2018. Exportaciones de fruta fresca de Chile sumaron 2,7 millones de toneladas durante 2017. [En línea]. Recuperado en: <http://fedefruta.cl/exportaciones-de-fruta-fresca-de-chile-sumaron-27-millones-de-toneladas-durante-2017/> Consultado el: 26 de marzo de 2017.

Fresh Intelligence Consulting. 2017. Fresh Fruit and Vegetable Export/ Import Statics 2016/17. AHEA (Australian Horticultural Exporters Association). Australia. 37 p.

Fruit Growers News. 2017. Las exportaciones de frutas de EE.UU. [En línea]. Recuperado en: <https://fruitgrowersnews.com/news/u-s-fruit-exports-total-6-3-billion/> Consultado el: 20 de junio de 2018.

Gallardo, R; M. Vyoleta; R. Peña González y A. González. 2012. Brasil: raíces geopolíticas y actual influencia en expansión. Política y cultura, (37), 233-253p.

GRIN Global. 2018. The GRIN-Global Project. [En línea]. Recuperado en: < https://www.grin-global.org/> Consultado el: 14 de febrero de 2018.

GroupAgro. 2017. ASOEX y FDF: Lanzan programa tecnológico para la fruta de exportación. [En línea]. Recuperado en: <http://revistagrupoagro.cl/asoex-y-fdf-lanzan-programa-tecnologico-para-la-fruta-de-exportacion/> Consultado el: 28 de marzo de 2018.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). S.f. Política de acceso a recursos genéticos del instituto de investigaciones agropecuarias. 10 p.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2007. Capacidades de conservación *ex situ* en Chile. Bancos vegetales mantienen. Tierra Adentro. 8-11 p.

ITC (Mapa del Comercio). 2012. Las importaciones y exportaciones de los Estados Unidos: Frutas y vegetales frescos. PMA. 2p.

Knudsen, H. 2000. Directorio de Colecciones de Germoplasma en América Latina y el Caribe. Primera edición. International Plan Genetic Resources Institute (IPGRI). Roma, Italia.

La guía. 2007. Estados Unidos: Clima y Vegetación. [En línea]. Recuperado en: <https://geografia.laguia2000.com/climatologia/estados-unidos-clima-y-vegetacion> Consultado el: 20 de junio de 2018.

La guía. 2008. Brasil: vegetación. [En línea]. Recuperado en:<https://geografia.laguia2000.com/biogeografia/brasil-vegetacion> Consultado el: 21 de junio de 2018.

León, P. y F. Condon. 2010. Estrategia en los recursos fitogenéticos para los países del cono sur. Montevideo, Urugay.

Melgar, M.; A. Meneses; H. Orozco; O. Pérez y R. Espinoza. 2008. El cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Artemis Edinter. Engicaña. 526p.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 1998. Instrucción 1/ 1998. Instrucción normativa N°1 del 15 de diciembre de 1998. Brasil. 4 p.

MAPAMA. s.f. Conservación de la biodiversidad en España. Recuperado en: < https://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-la-biodiversidad/conservacion-de-la-biodiversidad-en-espana/default.aspx> Consultado el 14 de febrero de 2018.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura). Decreto N°510 Exento. 2016. Habilita puertos para la importación de mercancías sujetas a revisión del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), y derroga Decreto Exento N°156, de 1998 del Ministerio de Agricultura. Chile: 2017. Chile: 2017. 4p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura) y Subsecretaría de Agricultura. Decreto 577. 2013. Aprueba convenio marco de colaboración y trabajo para el desarrollo de la Red Nacional de Bancos de Germoplasma. Chile. 28p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2014. Conservación, acceso y valorización del patrimonio fitogenético. Acciones y mejoras de los bancos de germoplasma en Chile. Santiago de Chile.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura); SAG (Servicio Agrícola y Ganadero); Dirección Nacional y Departamento de Protección Agrícola. Resolución Nº 3.815. 2003. Establece Normas Para la Importación de Artículos Reglamentados o Mercaderías Peligrosas para los Vegetales. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile Legislación chilena, 2016. 8 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura); SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) y Dirección Nacional. Resolución N°6.383. 2013. Establece los requisitos para ingreso de material vegetal a cuarentena Posentrada. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile Legislación chilena, 2016. 15 p.

MPI (Ministry for Primary Industries). 2015. Application for Permit to Import: Soil and Plant

Material Laboratory Samples. Issued pursuant to the Biosecurity Act, 1993, Section 22. Wellington, New Zealand. 4 p.

MPI (Ministry for Primary Industries). 2018. What we do. [En línea]. Recuperado en: <https://www.mpi.govt.nz/about-mpi/careers/working-here/what-we-do/> Consultado el: 19 de febrero de 2018.

Niculcar, R., K. Latorre y O. Vidal. 2015. Conservación *ex situ* de plantas en el banco de germoplasma SAG-Magallanes: una herramienta para la Restauración Ecológica. Anales Instituto Patagonia 43 (1): 109-113.

Oficina de Información Diplomática. 2018. Ficha país: Estados Unidos. Ministerio de asuntos exteriores. 29 p.

Petit, B. 2016. Las 7 zonas climáticas de Australia. [En línea]. Recuperado en: <https://blog.climatelist.com/the-7-climate-zones-of-australia-31badf4ad4b1/> Consultado el: 19 de junio de 2018.

Pezoa, A. 2001. Estrategias de Conservación de la Diversidad Biológica. (Cap. 18, pp. 273-280). En: Squeo, F., Arancia, G. Y Gutiérrez, J. (eds). Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. Universidad de La Serena. La Serena, Chile.

Plant and Food Research. 2017. Fresh facts: New Zealand Horticulture. Horticulture New Zealand. 23p.

Rech, E. 2017. Quando e como foi criada a Lei de Biossegurança no Brasil? Conselho de Informaçones sobre Biotecnologia. [En línea]. Recuperado en: <http://cib.org.br/faq/quando-e-como-foi-criada-a-lei-de-biosseguranca-no-brasil/> Consultado el: 22 de marzo de 2018.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). s.f. Productos Agrícolas. [En línea]. Recuperado en: <https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/productos-agricolas> Consultado el: 22 de junio de 2018.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2018. Protección Agrícola y Forestal. Departamento Regulación y Certificación Fitosanitaria, Subdepartamento Regulaciones Fitosanitarias de Importación, Sección Cuarentena Vegetal, SAG. [Comunicación telefónica y entrevista].

Subsecretaría de Agricultura. Resolución Nº 577. 2013. Aprueba convenio marco de colaboración y trabajo para el desarrollo de la Red Nacional de Bancos de Germoplasma. Chile. 28p.

Unda, J. 2013. Prospección, caracterización y conservación de variedades locales de manzano em Alava. Memoria de Ingeniero Técnico en Hortofruticultura y Jardinería. Universidad Pública de Navarra. 115 p.

USDA (United State Department of Agriculture). 2014. [en línea]. Recuperado en: < https://www.ars-grin.gov/ngrac/>. Consultado el: 14 de febrero de 2018.

USDA (United State Department of Agriculture). 2015. [en línea]. Recuperado en: < https://www.ars-grin.gov/>. Consultado el: 14 de febrero de 2018.

USDA (United State Department of Agriculture). 2016. [en línea]. Recuperado en: < https://www.ars.usda.gov/people-locations/people-list-offices/?modeCode=80-42-05-45>. Consultado el: 14 de febrero de 2018.

USDA (United State Department of Agriculture). 2017a. [en línea]. Recuperado en: < https://www.ars-grin.gov/ggnpgs2/>. Consultado el: 14 de febrero de 2018.

USDA (United States Department of Agriculture). 2017b. Importation of Plant Parts for Propagation. [En línea]. Recuperado en: <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/import-information/permits/plants-and-plant-products-permits/prohibited/Importation-of-Plant-Parts-for-Propagation/ct_quarantinescreening> Consultado el: 13 de febrero de 2018.

USDA (United States Department of Agriculture). 2018. Import Export. [En línea]. Recuperado en: <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/importexport> Consultado el: 12 de febrero de 2018.

7. ANEXOS

Anexo 1. Listado de instituciones y laboratorios con sus respectivos sitios web

Intitución/Sede	Laboratorio/Centro*	Web
Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)		
Complejo Lo Aguirre	Bacteriología; Virología; Micología; Estación Cuarentenaria Agrícola y Biotecnología	http://www.sag.gob.cl/ (Laboratorios); https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/estacion-cuarentenaria-agricola
SAG Valparaíso (Valparaíso)	Bacteriología; Micología	
SAG Biobío (Chillán)	Bacteriología; Micología	
SAG Araucanía (Temuco)	Bacteriología; Micología	
SAG Los Lagos (Osorno)	Bacteriología; Micología; Virología	
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)		
INIA Intihuasi	Biotecnología del Centro Experimental La Serena	http://www.inia.cl/inia-intihuasi/
INIA La Cruz		http://www.inia.cl/inia-la-cruz/
INIA La Platina	Fitopatología; Virología; Biotecnología; Estación Cuarentenaria	http://www.inia.cl/inia-la-platina/
INIA Rayentué	Biotecnología	http://www.inia.cl/inia-rayentue/
INIA Quilamapu	Biotecnología	http://www.inia.cl/inia-quilamapu/
INIA Carillanca	Fitopatología	http://www.inia.cl/inia-carillanca/
INIA Remehue	Fitopatología	http://www.inia.cl/inia-remuehue/
INIA Temel Aike		http://www.inia.cl/inia-tamel-aike/
INIA Kampenaike		http://www.inia.cl/inia-kampenaike/
Centros o Institutos de Investigación o Tecnológicos		
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)		http://www.ceaza.cl/biotec/
Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables (CREAS)		http://www.creas.cl
Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF)		http://www.ceaf.cl/
Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola (CER)		http://www.ceresearch.com;http://lagric.com/
Centro de Investigación e Innovación Concha y Toro-Fraunhofer Chile Research		https://www.conchaytoro.com/innovacion/?lang=es_es
Centro de Genómica Nutricional Agroacuícola (CGNA)		http://www.cgna.cl/
Universidades		
Universidad de La Serena	Prommra - CEAZA	http://www.userena.cl/
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Núcleo de Biotecnología Curauma (NBC) - Laboratorio de Microbiología Kiwi-PSA	http://nbcpucv.cl/

Universidad Técnica Federico Santa María	Centro de Biotecnología "Dr. Daniel Alkalay Lowitt"	http://www.usm.cl/investigacion/centros/biotecnologia-dr-daniel-alkalay-lowitt/
Pontificia Universidad Católica de Chile	Centro de Ciencia e Innovación en Biotecnología Vegetal	http://agronomia.uc.cl/centros-unidades-y-laboratorios/cecibuc
	Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta	http://www.mejoramientofrutal.cl/
Universidad de Chile	INTA	http://inta.cl/laboratorio/genetica-molecular-vegetal/; http://inta.cl/laboratorio/bioinformatica-y-expresion-genetica/
Universidad Andrés Bello	Centro de Biotecnología Vegetal	https://www.unab.cl/investigacion/centros/biotecnologia-vegetal/
Universidad Mayor	CEPROVEG; Genómica y Bioinformática; Biología Celular y Molecular Aplicada	https://www.umayor.cl/um/vicerectoria-investigacion/centros-de-investigacion
Universidad Católica del Maule	CENBIO	www.cenbio.ucm.cl
Universidad de Talca	Centro Tecnológico del Vino; Centro de Pomáceas; Centro de Mejoramiento Genético y Fenómica Vegetal	http://ctvv.utalca.cl/link.cgi/; http://pomaceas.utalca.cl/; http://www.fenomica.utalca.cl/
Universidad de Concepción	Centro de Biotecnología	http://www.centrobiotecnologia.cl/
Universidad Arturo Prat	Instituto de Ciencia y Tecnología (ICyT)	http://www.unap.cl/prontus_unap/site/edic/base/port/inst_icyt_concepcion_mk.html
Universidad Católica de Temuco	Laboratorio de Biotecnología Vegetal (Núcleo NIPA)	http://nucleo-nipa.uct.cl/laboratorio-de-biotecnologia-vegetal/
Universidad de la Frontera	BIOREN	http://bioren.ufro.cl/
Universidad Austral	Fisiología y Biología Molecular de Cultivos; Cultivo de Tejidos, Fitopatología; Entomología	http://agrarias.uach.cl/laboratorios/
Laboratorios Privados		
AySLab		https://ayslab.cl/
Diagnofruit		http://diagnofruit.cl/
AgroLab		http://www.agrolabchile.cl/
Sun World Chile SpA – Bluesciences		https://www.sun-world.com/; http://www.bluesciences.cl/
Viveros-Estaciones Cuarentenarias		
Vivero Hijuelas		https://www.grupohijuelas.cl/viveros-hijuelas/
Vivero La Palma		http://eelapalma.pucv.cl/web/?page_id=2069
ANA - Viveros Asociados de Chile		http://www.anachile.cl/
Univiveros		http://univiveros.cl/