



Resultados y Lecciones en Prevención de Enfermedades de la Lechuga

Proyecto de Innovación en
**Regiones de Coquimbo
y Metropolitana**



Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Resultados y Lecciones en **Diagnóstico y Prevención de Enfermedades en la Lechuga**



Proyecto de Innovación en
**Región de Coquimbo
y Región Metropolitana**

Valorización a noviembre de 2010



SERIE **EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO**

Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de técnicos y profesionales vinculados al proyecto “Aplicación de herramientas biotecnológicas y agronómicas a la sanidad vegetal del cultivo de lechugas”, especialmente a Marlene Rosales, profesional de INIA La Platina, por su valioso aporte en el análisis de esta experiencia.

Resultados y Lecciones en

Diagnóstico y prevención de enfermedades en la lechuga

Proyecto de Innovación en las regiones de Coquimbo y Metropolitana

Serie **Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario**

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 205.011

ISBN N° 978-956-328-098-2

ELABORACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Rodrigo Navarro, Marcela Aguilera y Sergio Lara - BTA Consultores S.A.

REVISIÓN DEL DOCUMENTO Y APORTES TÉCNICOS

M. Francisca Fresno R. - Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

EDICIÓN DE TEXTOS

Norberto Parra

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN

Ograma Ltda.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Contenidos

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	5
1. Antecedentes	5
2. Base conceptual y tecnológica de la herramienta.....	6
2.1 Principales enfermedades del cultivo.....	7
2.2 Medidas de control y prevención de enfermedades en lechuga	8
3. El valor de la herramienta desarrollada	9
4. Perspectivas de mercado	10
5. Alcances y desafíos de la opción de negocio.....	11
6. Claves de viabilidad	11
7. Asuntos por resolver.....	13

Sección 2. El proyecto precursor	15
1. El entorno económico y social.....	15
2. El proyecto.....	17
2.1 El proyecto precursor.....	17
2.2 Desarrollo del proyecto.....	17
3. Los productores del proyecto hoy	19

Sección 3. El valor del proyecto	21
---	----

ANEXOS	
1. Principales variedades botánicas de lechuga.....	25
2. Principales resultados de las actividades de investigación.....	26
3. Literatura consultada.....	35
4. Documentación disponible y contactos.....	36



GUILLERMO FEUERHAKE

SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados y lecciones aprendidas en el manejo de la problemática fitosanitaria del cultivo de la lechuga en las regiones de Coquimbo y Metropolitana.

Esperamos que esta información, que se ha sistematizado en la forma de una innovación aprendida,¹ aporte a los interesados una nueva herramienta tecnológica que les permita adoptar decisiones productivas y mejorar la productividad de sus cultivos.

► 1. Antecedentes

Este documento es el resultado de las experiencias y aprendizajes derivados de la ejecución del proyecto precursor² “Aplicación de herramientas biotecnológicas y agronómicas a la sanidad vegetal del cultivo de lechuga”, financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA.

La iniciativa fue ejecutada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-La Platina; en asociación con la Federación de Productores de Fruta (FEDEFruta) – Comité Hortícola de Chile (HORTACH), Sociedad Agrícola Huertos Carolina, Sociedad Agrícola Girasoles, Vivero Hortiplantines de Chile, Empresa CITARR y Agrícola Cifuentes Ltda.

La lechuga corresponde a una de las especies hortícola de mayor consumo en la población, situación que ha llevado a los agricultores a realizar una serie de transformaciones productivas, tales como uso de variedades, sistemas de producción escalonada, técnicas de manejo mejoradas a nivel de potrero y sistemas de comercialización. Estos cambios han sido implementados con el objeto de mantener la continuidad de la oferta en el transcurso de todo el año. Sin embargo, surgieron desde hace algunas

¹ “**Innovación aprendida**”: análisis de los resultados de proyectos orientados a generar un nuevo servicio o herramienta tecnológica. Este análisis incorpora la información validada del proyecto precursor, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de los beneficios económicos de su utilización en el sector.

² “**Proyecto precursor**”: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la Fundación, análisis que se da a conocer en el presente documento. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.

temporadas serios problemas de índole fitosanitaria, como las enfermedades virales y otras afecciones provocadas por hongos, que amenazan esta estrategia de producción al causar pérdidas que se concentran principalmente en el periodo de invierno y primavera, provocando una fluctuación negativa en la comercialización de la especie.

El proyecto, de una duración de 40 meses, tuvo por objetivo mejorar la competitividad del cultivo con incrementos de sus rendimientos, calidad y estabilidad de su oferta anual, abordándola a través de algunas herramientas biotecnológicas, agronómicas y de recursos genéticos. Este estudio recolectó y analizó muestras para detección de virus en zonas geográficas de las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule, situando los jardines de variedades y de ensayo (manejo) en la región de Coquimbo y Metropolitana, experiencia aplicable al resto de las regiones prospectadas.

El desarrollo del proyecto comprende, en una primera fase, la actualización de esta problemática sanitaria, identificando y dimensionando la incidencia de las enfermedades, por variedad o tipo cultivado, zona y época de producción. Luego, se considera, un trabajo sistemático de evaluación de germoplasma, colectado a nivel local e internacional en diferentes zonas agroecológicas. También contempla la implementación de sistemas de diagnóstico y detección de alta sensibilidad, basados en técnicas moleculares que permitan diagnosticar y caracterizar los principales virus que afectan a esta hortaliza. Asociado al punto anterior, se podrá evaluar con certeza el germoplasma de lechugas, definiendo su sensibilidad o tolerancia, y buscar algunas respuestas respecto a los mecanismos bioquímicos que definen esta característica.

El proyecto aborda también algunas acciones para reducir la incidencia de los agentes vectores, a través de estrategias de control tanto químico, como de manejo cultural, y estudia la mejor forma de manejo de plantas en terreno, incorporando inductores químicos de mecanismos defensivos de las plantas basada en la utilización de compuestos elicitores de respuestas de defensa y que tenga como objetivo final la consecución de inmunidad fisiológica en la planta.

► 2. Base conceptual y tecnológica de la herramienta

Uno de los principales problemas sanitarios que afectan a la lechuga en la zona central de Chile son los virus. El compendio de enfermedades de la lechuga (serie APS) describe 20 distintos agentes virales que pueden afectar a este cultivo, entre ellos se destacan: virus del mosaico de la lechuga (LMV), virus de la vena ancha (LBVV y MiLV), virus del mosaico de la alfalfa (AMV), virus del mosaico del pepino (CMV), virus del amarillamiento necrótico de las lechugas (LNYV), virus del bronceado del tomate (TSWV), virus del amarillamiento infeccioso de la lechuga (LIYV), virus de la clorosis de la lechuga (LCV), beet yellow stunt virus (BYSV) y beet western yellow virus (BWYV).

Un diagnóstico preliminar realizado por investigadores de INIA-La Platina en la zona central de Chile, indica que los problemas virales referidos a la producción de lechugas en esta zona se centran en dos enfermedades: el "mosaico de la lechuga" y la "vena ancha". Esta última enfermedad está asociada a la presencia de dos agentes virales, el *Lettuce big vein* y *Mirafiori lettuce virus*, los que son transmitidos por un hongo del suelo, el *Ospidium brassicae*, lo que dificulta su control ya que las esporas del hongo pueden sobrevivir por años en el suelo sin perder la habilidad de transmitir estos virus. Esta enfermedad se ha diseminado rápidamente por todas las áreas productoras de lechuga en el mundo debido a que no existen genes de resistencia a esta enfermedad incorporadas en las variedades comerciales y a la carencia de control químico eficiente del hongo vector.

2.1 Principales enfermedades del cultivo³

- El virus del mosaico de la lechuga (LMV) es uno de los virus que más daños provocan en los cultivos de lechugas a nivel mundial. Pertenece al género *Potyvirus*, y posee como material genético un genoma compuesto de una molécula de ARN de hebra simple. Este virus es transmitido eficientemente por áfidos en una forma no circulativa y la fuente inicial de inóculo viral puede originarse en un lote de semillas contaminadas, desde plantas ornamentales o desde malezas que sirven como reservorio viral, sin necesariamente mostrar la sintomatología típica de la enfermedad.

Esta enfermedad es la que causa las mayores pérdidas económicas en los cultivos de lechugas a nivel mundial. El control de la enfermedad en el campo se basa en la producción de lechugas a partir de semillas libres de este virus y al uso de genes de resistencia como fuente de tolerancia o resistencia a esta enfermedad. Sin embargo, la emergencia de aislamientos de LMV capaces de infectar plantas que posean los genes de resistencia y además ser eficientemente transmitidos a través de semillas, ha amenazado el cultivo de las lechugas en los últimos diez años. Antecedentes preliminares recogidos por investigadores del INIA-La Platina indicarían que estas nuevas razas del LMV estarían ampliamente distribuidas en la zona central de Chile.

- La enfermedad de la vena ancha se manifiesta mundialmente en zonas templadas, en cultivos de lechuga al aire libre, invernaderos e hidropónicos. Los síntomas provocados por esta enfermedad son severos cuando las temperaturas son menores que 18°C y no se expresan a temperaturas mayores de 22°C. La importancia económica de esta enfermedad se debe a los intensos síntomas foliares y reducción del tamaño de cabeza, lo que se traduce en plantas de baja calidad y reducido valor comercial. La etiología de esta enfermedad ha sido fuente de controversia. Inicialmente se asumió que la enfermedad de la vena ancha era causada por el Varicosavirus LBVV (Lettuce Big Vein Virus), pero recientemente se ha reportado que un posible Ofiovirus, MiLV (Mirafiori Lettuce Virus), es el agente causal de esta enfermedad. Ambos virus son transmitidos por el hongo del suelo *Ospidium brassicae*, poseen proteínas de cubierta de tamaño similar y partículas de diferente morfología además, no están relacionados serológicamente.

FIGURA 1. Síntomas de la enfermedad vena ancha en lechuga



Fuente: Proyecto precursor.

³ Información extraída del proyecto precursor.

- Enfermedades causadas por Tospovirus. El género Tospovirus, está constituido por virus de tipo RNA, cuyo rango de hospedero incluyen sobre 1.050 especies vegetales, la mayoría de ellas en las familias *Compositae*, *Solanaceae*, *Asteraceae* y *Fabaceae*. Los virus pertenecientes a este género son transmitidos exclusivamente por trips, en una forma propagativa o persistente. El virus del bronceado del tomate (*tomato spotted wilt virus*, TSWV) es la especie tipo de este género, y se le reconoce como uno de los virus vegetales más destructivos, estimándose que las pérdidas económicas en el mundo causadas por TSWV alcanzan el billón de dólares por año, principalmente en cultivos de hortalizas y flores.

2.2 Medidas de control y prevención de enfermedades en la lechuga

Para impulsar el crecimiento agronómico y comercial de este cultivo, resulta fundamental el control de enfermedades, en especial las virales, ya que de esta forma se podrá estabilizar la oferta y calidad de la producción a través del año, evitando las negativas fluctuaciones que producen estas patologías, en especial en el periodo invierno-primavera.

El control de las enfermedades virales solo se realiza adoptando medidas preventivas que incluyen la detección temprana de virus en las plantas, la erradicación de plantas enfermas y la búsqueda de variedades resistentes. No existen posibilidades de uso de agroquímicos en el control directo de estas enfermedades.

Con el desarrollo del proyecto, se generó información práctica orientada a proponer estrategias de control de las enfermedades que afectan a la lechuga, relacionadas con aspectos varietales y de manejo del cultivo, como fertilizantes, riego y bioestimulantes de la especie (Ver Anexo 2). A continuación se describen algunos de estos aspectos más importantes:

- Deficiencias en el manejo agronómico del cultivo: esto tiene incidencia directa en la calidad y rendimiento finales e indirectamente en la sensibilidad a las enfermedades, por la desvigorización del estado general de las plantas al ser alteradas por diversos aspectos de la agronomía del cultivo, entre otros, la calidad de los almácigos o speedlings, las malezas, el riego y la nutrición, entre otros.
 - **Sistema de riego:** la lechuga es una especie de hoja de gran sensibilidad a asfixias radiculares y deterioros foliares y las formas actuales de regadío, sumado a las técnicas para manejar este recurso, están incidiendo sobre el cultivo y su sanidad. El primer punto incluye la pérdida de calidad comercial por los órganos afectados (hojas de lechuga), ya sea manchándolas o pudriéndolas. El segundo tiene relación con el sistema de regadío en términos de auspiciar o reducir el transporte de hongos y otros vectores por esta vía desde campos infectados hacia otros sin la infección, ya sea dentro de un mismo predio o campos distantes.
 - **Nutrición y bioestimulantes:** los niveles de nutrientes y su relación con los estados de vigor de alguna forma favorecen o afectan la sensibilidad de las plantas a las afecciones de virus y hongos. De la misma forma se hace referencia a diversos reguladores de crecimiento y hormonas bioestimulantes de sistema radicular y vegetativo de las lechugas.
 - **Los métodos de establecimiento,** referido a como iniciar un cultivo, ya sea por trasplante de almácigos producidos en canchas al aire libre o plantines y *speedlings*⁴ producidos bajo invernaderos. Este es un tema que hoy alcanza significativo interés, en particular en algunas empresas que trabajan en esta área, con excelente nivel de tecnología, pero que adolecen de serias dificultades para llevar los plantines a terreno definitivo de plantación, como es el caso de algunas variedades o tipos de lechuga.

⁴ *Speedlings*: bandejas de germinación con celdas separadas.



- Existen nuevas definiciones de sistemas de preparación del terreno, (mesas, camellones, platabandas, etc.), que se debe establecer, acorde con sistemas tecnificados de riego, por cintas o goteo, que hoy día comienzan a verse frecuentados y que han hecho cambiar los criterios hasta hace poco utilizados.
- La escasez de recursos para combatir las malezas es un problema agronómico abordado en el proyecto precursor, ya que la existencia de malezas además de ser altamente competitivo con la calidad y desarrollo de las plantas de lechugas, tiene una estrecha relación con los problemas de enfermedades, en particular las virales.
- El tema varietal y la variabilidad de la oferta de tipos, formas y características fisiológicas y de comportamiento del germoplasma actual frente a diversas condiciones ambientales o de clima, es un área de grandes demandas.

Tanto agricultores de las regiones señaladas, como algunas empresas de semillas, requieren ser apoyadas con estudios sistemáticos y permanentes para tomar las decisiones más acertadas en la elección de las mejores variedades para cada situación geográfica y/o temporal, en especial en relación con las posibles características de resistencia o en su defecto, sensibilidad, a las deficiencias fitosanitarias, en particular de tipo viral.

En el Anexo 1, se presenta una breve descripción de las principales variedades botánicas.

► 3. El valor de la herramienta desarrollada

Las técnicas de detección y diagnóstico diseñadas de acuerdo a las problemáticas virales locales son de alta importancia, ya que las metodologías de diagnóstico descritas a nivel internacional no necesariamente se aplican a las razas o biotipos de patógenos presentes en Chile. Esto se ha podido comprobar, por ejemplo, con uno de los agentes asociados a la enfermedad de la vena ancha de la lechuga, donde los antisueros comerciales que detectan a uno de los virus asociados a la enfermedad presentan reacciones erráticas y poco reproducibles con los aislamientos locales. Por

lo anterior, la caracterización de los aislamientos virales que se encuentren en Chile es un requerimiento absoluto para el desarrollo de las herramientas de diagnóstico de estas enfermedades.

Por otro lado, para impulsar el crecimiento agronómico y comercial de la lechuga, el control de los virus que afectan el cultivo resulta fundamental, ya que de esta forma se podrá estabilizar la oferta y calidad de la producción a través del año, evitando las negativas fluctuaciones que producen estas patologías, en especial en el periodo invierno-primavera.

► 4. Perspectivas de mercado

En Chile la superficie plantada de lechuga alcanza 7.356,7 hectáreas, es decir el 8,7% de la superficie nacional plantada con hortalizas (INE, 2010), con una densidad promedio por hectárea de 50.521 plantas.

El rendimiento promedio nacional es de 42.880 unidades, obteniendo los mejores rendimientos las regiones O'Higgins, Maule y Bío Bío (INE, 2010).

Las lechugas se transan durante todo el año y las principales variedades comercializadas son milanesa, conconina (costina), escarola, española y francesa morada. El volumen de lechugas arribado a los mercados mayoristas en el año 2009 llegó a 240 millones de unidades (ODEPA, 2009), registrándose mayores precios para la lechuga costina. Los precios al consumidor registrados entre febrero y abril de 2010 en Santiago, variaron en un rango de \$425-\$550 para la lechuga costina a nivel de feria y de \$400-\$450 para la lechuga escarola en el mismo destino. En el caso de venta a nivel de supermercado, el precio al consumidor para la lechuga costina varió entre \$475-\$585 según el sector de Santiago, y para la lechuga escarola entre \$380-\$595.

Si bien existe oferta durante todo el año, todas las variedades de lechuga presentan ciclos de producción que determinan una menor oferta entre el otoño y fines de invierno y precios levemente superiores en los periodos marzo - abril y agosto-septiembre.

En cuanto al consumo de hortalizas y de lechugas se observa una creciente demanda en las grandes ciudades, como Santiago y las satélites que la rodean. Uno de los factores que ha tenido mayor influencia en el aumento en el consumo de productos hortícolas, especialmente frescos, se debe a los cambios en los hábitos de la población, la cual ha derivado a las preferencias y bondades dadas por el consumo de productos frescos, sanos y de alta calidad nutritiva (proyecto precursor, 2005).

También en el país hay una producción de lechugas orgánicas y de lechugas hidropónicas, de las cuales no existen cifras de producción ni de volumen comercializado. Ambas tienen una presencia muy marginal aún en el mercado, se venden a precios muy superiores a las producidas en forma tradicional y son comercializadas fundamentalmente en supermercados y en el caso de las orgánicas, también en tiendas especializadas en estos productos. Sin embargo, tanto agentes comerciales como productores señalan un aumento sostenido en la demanda de estos productos.

La producción de lechugas es destinada fundamentalmente al mercado interno. Según las cifras de ODEPA, las exportaciones del año 2009 llegaron solo al 0,01% de la producción nacional (8,2 t). El cultivo es desarrollado principalmente por productores pequeños y medianos, observándose un elevado nivel de atomización a nivel de productores. Esto dificulta programar los cultivos y las cosechas, lo que redundará en la aparición de períodos con alta o baja oferta, con inestabilidad en los precios y dificultades en la comercialización.

El principal problema para pequeños agricultores, en cuanto al desarrollo de negocios de grandes volúmenes, se refiere a la poca seguridad en el cumplimiento de los programas de entrega. Ésta es tal vez la mayor dificultad que plantean los grandes poderes compradores, como los supermercados, a la hora de evaluar la posibilidad de comprar a este tipo de agricultores. La venta a supermercados y grandes compradores aumenta las posibilidades de obtener mayores precios para los productores, pero se requiere considerar ciertas variables y condiciones por cumplir, tales como volúmenes y periodicidad en las entregas, estabilidad en la calidad del producto comprometido (por ejemplo, 300 a 700 gramos por unidad, dependiendo de la estación del año), existencia de resoluciones sanitarias, disponer de *packing* para la preparación y embalaje del producto. En algunos casos se requiere utilizar código de barras, manejar un elevado número de cajas apilables, disponer de transportes apropiados y refrigerados. También se suele solicitar la entrega en centros de distribución o en locales de venta directa, aceptación de devolución de productos, capacidad financiera para soportar pagos que fluctúan por lo general entre 60 y 90 días o pagos anticipados con descuento y, finalmente, el productor debe estar dispuesto a cofinanciar promociones especiales con ventas de productos al costo.

Un buen número de pequeños agricultores efectúa la venta de sus lechugas directamente en el predio a comerciantes intermediarios, a precios muy inferiores a los que finalmente se transan a nivel del consumidor.

Entre las razones que se pueden mencionar para que esto ocurra se encuentra la falta de capital, la urgencia que tienen los pequeños productores por liquidar lo antes posible su producción, los bajos volúmenes individuales de producción, la falta de organización y el desconocimiento del funcionamiento de los mercados.

► **5. Alcances y desafíos de la tecnología desarrollada**

Como ya se ha mencionado, el cultivo de la lechuga está concentrado en manos de pequeños agricultores y para algunos de ellos optar por tecnologías de punta –como el uso de variedades resistentes y la identificación temprana de enfermedades, especialmente virales, entre otras– muchas veces resulta impracticable dado los costos que éstas representan, es una inversión que muchas veces no pueden abordar. A pesar de lo anterior, el sector requiere imperiosamente incrementar la eficiencia y productividad, con menores costos de la unidad de producto destinada al mercado.

► **6. Claves de viabilidad de la innovación**

Transferencia tecnológica y asesoría técnica

La poca transferencia de desarrollo y aplicación de nuevas técnicas de producción a los cultivos, como complemento a los sistemas tradicionales existentes, ha generado una situación de permanente incertidumbre del sector frente a las fluctuaciones claramente marcadas de los precios que el mercado registra para estos productos. Los agricultores no puedan tener mediante el desfase de cultivos o mediante la rotación y multiplicidad de cultivos, influencia sobre los precios del mercado.

Por otra parte, los cultivos establecidos son repetidos durante varias temporadas, lo que representa en el mediano y largo plazo un grave deterioro por la aparición de problemas cada vez mayor durante el cultivo, relacionados con una mayor incidencia de plagas, malezas y enfermedades.

Dado lo anterior, es urgente fortalecer la transferencia y difusión de las herramientas tecnológicas entre los pequeños y medianos productores, principalmente del orden preventivo, con el objetivo de aminorar las pérdidas causadas por enfermedades. El proyecto precursor demostró que con el uso de herramientas de tipo preventivo, manejo de malezas, uso de variedades tolerantes, entre otras, las pérdidas de producción causadas por virus en lechugas en los últimos años disminuyeron en un 30%,⁵ lo que significó un aumento significativo de calidad de los productos y un mayor beneficio económico para los productores.

Los actuales y futuros programas de transferencia tecnológica y asesorías técnicas en el cultivo de lechuga deberán no sólo considerar aspectos de manejo agronómico como desinfección de herramientas, aislación de plantaciones de vectores (mallas antiáfidos), manejo de malezas y rotación de cultivos, sino que también el uso de variedades de lechuga más tolerantes, producción en zonas de menor infestación y un plan de monitoreo que permita detectar a tiempo una planta enferma y eliminarla para evitar la propagación de enfermedades.

Ampliación y estabilidad de la oferta

El mercado nacional de lechuga, como ya se ha dicho, se concentra en pequeños y medianos productores atomizados, que producen en forma estacional, y comercializan su producto a través de intermediarios. Junto con ello, los productores se ven enfrentados a un manejo agronómico inadecuado, ya mencionado en la sección anterior.

Para lograr alcanzar volúmenes interesantes con una calidad acorde con las condiciones requeridas por la demanda, lo primero que debe hacer el agricultor es la correcta selección de variedades tolerantes para cada época de cultivo. Cabe señalar que el proyecto precursor es el primero en su tipo a nivel nacional en caracterizar más de 50 variedades de lechuga, los principales virus que la afectan, formas de diseminación y control a través de fungicidas.

Paralelamente, a la concentración del cultivo en manos de pequeños agricultores, muchos de ellos con capital de trabajo limitado, se han establecido empresas de mayor envergadura, alcanzando en forma individual superficies que llegan a superar las 200 hectáreas de cultivo anual. En consecuencia, es imperiosa la consolidación de asociaciones o redes de productores de lechuga en el ámbito de la pequeña agricultura. Estas redes de productores serán la forma de generar volúmenes ya que si bien un pequeño productor puede mejorar su producción, para llegar a nuevos mercados con volúmenes significativos y de forma permanente lo hará a través de la asociación.

Adicionalmente, se requiere generar nuevos productos y con valor agregado, dados los recientes registros de exportación de este cultivo y por la demanda cada vez mayor de semillas de calidad de variedades con las características apropiadas como tamaño, color, compactación de las cabezas y vida de poscosecha, entre otros factores. Por último, la reciente empresa de preparados hortícolas, en la forma de vegetales prepicados, es una nueva opción que sustenta el potencial crecimiento de esta hortaliza.

Estos desafíos requieren para los pequeños productores de un gran esfuerzo económico, para lo cual se deben difundir las herramientas de subsidios a las que pueden acceder, junto a programas de apoyo y asesoría especializada como la que ofrece el Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP y el Programa de Desarrollo Local, PRODESAL, entre otras.

⁵ Entrevista a Marlene Rosales, investigadora INIA La Platina.

► 7. Asuntos por resolver

Programa de mejoramiento genético en lechuga

Dado que el proyecto precursor identificó las variedades de mayor y menor tolerancia a las enfermedades más comunes de la zona central, queda por desarrollar con estas variedades un programa de mejoramiento genético, que seleccione variedades de acuerdo a la zona a cultivar.

Capacitación de nuevos profesionales

Hoy son pocos los profesionales dedicados al fitomejoramiento de plantas, y varios de ellos están en sus últimos años de desarrollo laboral, por ello es necesaria la capacitación de nuevos profesionales a lo largo de todo el país.

Estudio de nuevas razas de enfermedades y nuevos hospederos

Los ensayos realizados en el proyecto precursor dejaron entrever nuevos hospederos y razas de enfermedades que están atacando el cultivo de la lechuga y que para su futuro control es necesario realizar estudios de identificación y manejo.

Importancia y alto impacto social

El proyecto precursor fue la primera iniciativa en su tipo enfocado a la lechuga, un producto que abarca un gran territorio y que además tiene un gran impacto social.⁶ El proyecto precursor colectó variedades de lechuga desde la Región de Coquimbo a la Región del Maule, donde su cultivo es realizado desde pequeñas unidades con unos pocos metros cuadrados al aire libre o invernadero hasta grandes producciones con cientos de hectáreas. Para favorecer la rentabilidad de los pequeños productores es necesario que en el futuro se sigan desarrollando estudios sobre variedades, manejo de enfermedades y agronómicos, entre otros.

Desarrollo de nuevos productos y mercados

Tal como se señaló en la sección anterior, existe la necesidad de ampliar la oferta exportable de alternativas hortícolas en especies diferentes a las tradicionalmente transadas en los mercados internacionales. Algunos tipos de lechugas comienzan a aparecer con registros de envíos al mercado externo, pero es una situación minoritaria por cuanto el grueso de los horticultores no pueden participar aún de los mercados externos por la estrecha oferta de semillas de calidad, variedades con las características apropiadas como tamaño, color, compactación de las cabezas y vida de poscosecha, entre otros factores.

⁶ Cabe recordar la alta incidencia de la mano de obra de estas especies de hojas, se estima un requerimiento de mano de obra promedio del orden de las 150 a 200 jornadas hombre por hectárea.

SECCIÓN 2

El proyecto precursor

► 1. El entorno económico y social

Región de Coquimbo

La Región de Coquimbo cuenta con una superficie de 40.579,9 km² y una población estimada al año 2006 de 677.300 habitantes. La región está compuesta por las provincias de Choapa, Elqui y Limarí. La capital regional es la ciudad de La Serena.

La economía de la región se basa, fundamentalmente, en las actividades relacionadas con la minería, agricultura y pesca.

La agricultura se desarrolla gracias al uso intensivo de los valles de Elqui, Limarí y Choapa, con cultivos hortícolas y frutícolas, favorecidos por las condiciones climáticas. Entre los principales productos destacan las aceitunas, papayas, paltas, damascos, duraznos, nueces y especialmente las uvas de exportación y pisqueras, además de pasas (uvas deshidratadas) y arrope (miel de uvas). En la ganadería destaca la actividad caprina.

Las actividades pesqueras se ven favorecidas por los casi 400 kilómetros de litoral. Se extraen pescados, especialmente sardina y jurel con fines industriales, mariscos y crustáceos, y se recolectan algas marinas.



En la región existen fábricas de frutas desecadas, emparadoras de frutas de exportación, productoras de harina y aceite de pescado, conserveras de pescados, moluscos y crustáceos e industria del pisco.

Región Metropolitana

Con una superficie de 15.403,2 km², es la más pequeña de todas las regiones pero es también la más habitada, con una población estimada para el año 2009 de 7.003.122 habitantes. La región está compuesta por las provincias de Chacabuco, Cordillera, Maipo, Melipilla, Santiago y Talagante, siendo la capital regional la ciudad de Santiago.

Esta Región constituye el principal centro económico y funcional del país. Es la que concentra la mayor cantidad de población y, a la vez, el mayor porcentaje del Producto Interno Bruto, convirtiéndola en una de las regiones que tiene un ritmo de crecimiento por encima del promedio nacional. La Región Metropolitana aporta con el 42,7 por ciento de Producto Interno Bruto Nacional, lidera el ranking nacional en el Índice de Competitividad, que toma en cuenta variables tales como ingresos, exportaciones, productividad, cantidad y calidad de empresas, innovación científica y tecnológica, educación salud, seguridad e infraestructura, entre otras.

Dentro de la Región, para el año 2003, los servicios financieros y empresariales corresponden a las actividades que más participación tuvieron con 21%, seguido por la industria manufacturera con 17% y en tercer lugar las relacionadas con el comercio, restaurantes y hoteles (16%).

Las actividades silvoagropecuarias de la Región Metropolitana aportan el 2,57% del PIB regional. El sector agrícola se caracteriza por cultivos intensivos con riego tecnificado, tanto en cereales, forraje y frutales. Entre los cultivos anuales, el maíz es el más importante. Debido a la alta concentración poblacional destacan las plantaciones de hortalizas, con un 23% de la producción nacional. La superficie plantada de frutales representa el 19% de la fruticultura nacional y está destinada principalmente a la exportación. Por su clima esta región, concentra su producción frutal en carozos (duraznos y ciruelas), uva de mesa y nueces.

Las plantaciones forestales tienen poca significación a nivel regional. En el sector pecuario, el ganado más importante en esta región es el porcino, el ganado bovino y los caballares, destacando los establecimientos de crianza destinada a carne y cecinas.

Caracterización de los beneficiarios

En su mayoría son pequeños agricultores, muchos de ellos con capital de trabajo limitado y en consecuencia optar por tecnologías de punta muchas veces les resulta impracticable dado los altos costos que éstas representan y que la mayoría de ellos no pueden financiar. Dada la calidad y volúmenes que generan, los horticultores tienen incertidumbre frente a los precios que el mercado registra para estos productos.

► 2. El proyecto

2.1 El proyecto precursor

El proyecto “Aplicación de herramientas biotecnológicas y agronómicas a la sanidad vegetal del cultivo de la lechuga”, financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, fue ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA - La Platina, en asociación con la Federación de Productores de Fruta (FEDEFruta) - Comité Hortícola de Chile (HORTACH); Sociedad Agrícola Huertos Carolina; Sociedad Agrícola Girasoles; Vivero Hortiplantines de Chile; Empresa CITARR y Agrícola Cifuentes Ltda.

Durante el periodo de ejecución del proyecto (40 meses) se concluyeron todos los trabajos y experimentos programados, tanto en relación a aspectos varietales y estudios sobre virus; así como a los aspectos del manejo agronómico de la especie, incluyendo experimentos en fitopatología, herbicidas y bioestimulantes vegetales.

2.2 Desarrollo del proyecto

Objetivos

En el marco del proyecto se definieron los siguientes objetivos específicos:

- a. Determinar la presencia e incidencia de las enfermedades virales que afectan las lechugas de las regiones de Coquimbo, Valparaíso, O’Higgins, Maule y Metropolitana, caracterizando su distribución espacial y temporal y su estructura molecular.
- b. Desarrollar técnicas de diagnóstico molecular que permitan identificar precozmente la presencia de los agentes virales y de hongos vectores en suelo, sustrato, semilla y almácigos o plantines.
- c. Evaluar fuentes de tolerancia o resistencia a virus en lechugas y otras especies del género *Lactuca*, correlacionando su fenotipo con la expresión de genes involucrados en defensa.
- d. Desarrollar estrategias de manejo agronómico del cultivo tendientes a minimizar los efectos de las enfermedades virales, considerando la epidemiología de los patógenos y sus vectores.
- e. Difundir los resultados de estas investigaciones y las posibles variables de control que el proyecto concluya.

Resultados e impactos generados

El proyecto precursor definió la situación agronómica general que al presente tiene el cultivo de lechugas en Chile. Desde las regiones de Coquimbo al Maule, en donde se localiza la mayor parte de la producción de esta hortaliza de hoja en el país.

Durante los tres años y medio de actividades del proyecto fueron abordadas múltiples temáticas que pasaron por investigaciones, de magnitud variable, pero que en forma aceptable establecieron soluciones a problemas detectados en el período. Algunas de las temáticas abordadas fueron: germoplasma de diferentes variedades almacigueras, fitopatología, virología, fertilizantes y nutrición, bioestimulantes, entre otras.

En aspectos de transferencia y difusión de los alcances y logros del proyecto, se posicionó en el sector horticultor de Chile el cultivo de la lechuga como una materia importante, la cual hace pocos años no tenía gran importancia económica y no se tenía conciencia de su realidad y gran presencia a lo largo de la zona trabajada. Hoy este proyecto es un referente importante que ha sido profusamente comentado a través de las múltiples acciones realizadas, grupos de trabajo conformados, visitas a terreno, manuales y presentaciones, entre otros.

Resultados e impactos productivos, económicos y comerciales

Respecto de los costos de producción y las fuertes pérdidas por enfermedades fungosas del suelo y follaje, se determinaron soluciones fitosanitarias económicamente viables y aceptables al medio ambiente. Medidas que dan solución hasta en 85 % de los problemas fungosos de las lechugas (botrytis y esclerotinia).

En relación al inoportuno e ineficaz control de malezas en campos de lechugas, se estableció un protocolo de control a través de herbicidas selectivos para las malezas en las lechugas. El 80% de control de malezas con herbicidas de un costo no superior a los \$80.000/ha., y por ende una reducción de más del 50% de los costos, por lo general altos, por mano de obra, (\$250 mil/ha).

La falta de variedades con mejor tolerancia a ataques de virus fue subsanada con la definición de variedades de cuatro tipos de lechugas, tanto para verano e invierno, para la región central de Chile.

Resultados e impactos sociales

Se trabajó con productores reconocidos en el sector y agrupaciones establecidas, entre los cuales cabe destacar la activa participación de los GTT, HORTACH y Prodesales.

Se realizaron encuentros técnicos entre agricultores de distintas localidades y grandes empresas, empresas de insumos y semillas, académicos, líderes de opinión e investigadores, incluso a nivel internacional.

Resultados e impactos tecnológicos

Se evaluó y validó el uso de una serie de productos nuevos en el mercado, y algunos de ellos mejorados.

Es así como se evaluó el herbicida Pendimetalin y el producto mejorado herbicida Oxifluorfen; los fungicidas Pyraclostrobin y Boscalid. Los detalles de su aplicación señalan: aplicación de verano, antes de plantar, en vez de posplantación de tediosa y cara protección individual (sistema tapitas). Control efectivo de enfermedades Botrytis y Esclerotinia, con aspersiones e inmersión de plantines antes de trasplantarlos a campo.

Se evaluaron también bioestimulantes y fertilizantes especiales (nitrógeno de lenta liberación e inhibición de las bacterias nitrificantes), seleccionando dos productos fertilizantes y tres bioestimulantes como efectivos para el cultivo de lechugas.

Respecto de la evaluación de germoplasma, se optó por variedades de invierno y de verano seleccionadas como superiores.

En relación con los resultados de interés público, se destaca:

- Protocolos de determinación virológica e identificación viral, alcanzados en un 100%
- Variedades recomendadas por el Proyecto FIA – INIA.
- Técnica mejorada para riego, que aumenta 25% el rendimiento, con el uso de cintas de regadío.
- Protocolos de tratamientos sanitarios para lechugas de invierno y lechugas de verano.

Cabe destacar también la generación de tres alianzas tecnológicas con asociaciones y empresas privadas para la búsqueda de alternativas de protección y bioestimulación vegetal del cultivo: fungicidas, herbicidas y auxinas.

Finalmente, es importante señalar que se generaron dos nuevas iniciativas a partir del proyecto precursor. Un proyecto en progreso para el estudio de aminoácidos en varias hortalizas, como consecuencia de los buenos resultados alcanzados en las lechugas las temporadas anteriores (CORFO, empresa privada, INIA), y un trabajo grupal con productores del valle de Azapa en la Región Arica y Parinacota.

Otros resultados de interés

Se ha desarrollado otras actividades de importancia, como el significativo apoyo técnico entregado a agricultores de otras regiones de Chile, los que escapan al ámbito original del presente proyecto.

En efecto, con recursos externos a este proyecto, se ha estado apoyando a horticultores con lechugas en las regiones de Tarapacá y Arica y Parinacota, evaluando además variedades introducidas por este proyecto, en particular las coloreadas y otras del tipo latinas.

Se ha consolidado el inicio de otros proyectos relacionados con las materias envueltas en el presente, en particular el trabajo con bioestimulantes, el cultivo de lechugas en otras regiones, y la transferencia de algunos temas abordados y desarrolladas algunas tecnologías de lechugas para ser divulgadas en otros ámbitos, como GTT, PRODESAL, conferencias en universidades, entre otros.

► 3. Los productores del proyecto hoy

Gracias a las diversas actividades de difusión, muchos productores beneficiarios directos del proyecto han incluido las diversas herramientas de manejo e información de variedades de lechuga y enfermedades, logrando aumentar sus rendimientos en aproximadamente 30% dada la menor incidencia y control de enfermedades. Durante todo el proyecto y posterior a él, surgió un gran interés por la información obtenida en grandes, medianos y pequeños productores, incluyendo a actores que comercializan esta hortaliza como los intermediarios. Esto refleja el gran impacto social que tiene el cultivo, a pesar de no ser prioridad entre las iniciativas de investigación gubernamentales.

Los beneficiarios directos del proyecto fueron los agentes asociados al mismo. Sin embargo, la participación de la comunidad hortícola en las acciones de difusión y de transferencia tecnológica, fue muy amplia. En este sentido en cada una de las regiones del proyecto, asistieron diversas agrupaciones, tales como la Asociación de Regantes del Río Colina, Agrupación de Hortaliceros Reina

Norte, Asociación de Agricultores de Quillota, otras de ámbito local y algunas inclusive de carácter vecinal.

Es destacable la participación de algunos beneficiarios del proyecto, diversos GTT, productores de hortalizas, entre otros, que están utilizando las herramientas propuestas. Asimismo, las acciones consideraron la participación del área académica, tanto en el ámbito universitario, como de centros de formación técnica y escuelas agrícolas de cada región.

Finalmente, la agrupación más importante que se debe destacar, es la Asociación de Hortalizas de Chile (HORTACH), una entidad en formación y que hoy es importante al interior de la Federación de Productores de Frutas (FEDEFRUTA).

SECCIÓN 3

El valor del proyecto

El proyecto permitió establecer la importancia de las enfermedades virales en el cultivo de la lechuga en la zona central del país e identificó variedades tolerantes a éstas, generando un conjunto de herramientas de prevención.

Los antecedentes obtenidos con el desarrollo del proyecto han permitido documentar la situación agronómica general que presenta el cultivo de lechugas, desde la Región de Coquimbo a la Región del Maule, en donde se localiza la mayor parte de la producción de esta hortaliza de hoja del país.

Uno de los hitos más importantes en la investigación fue el descubrimiento y confirmación de la



fase sexual del hongo *S. Sclerotium* en Chile. Esto es de gran importancia ya que da pie a nuevas investigaciones y a cambios en la forma actual de manejo del cultivo de la lechuga.

En consecuencia se generaron las bases del conocimiento epidemiológico que permiten impulsar estrategias de prevención y manejo de las enfermedades virales y fungosas en el sistema productivo. El flujo de información desde el proyecto hacia el sector productivo permitió incorporar estrategias de manejo preventivo, uso de nuevas variedades y medidas profilácticas, logrando aumentar sus rendimientos en aproximadamente un 30% dada la menor incidencia y control de enfermedades.

Anexos

Anexo 1. Principales variedades botánicas de lechuga

Anexo 2. Principales resultados de las actividades de investigación

Anexo 3. Literatura consultada

Anexo 4. Documentación disponible y contactos

ANEXO 1. Principales variedades botánicas de lechuga

1. Romanas, cos o costinas:

Lactuca sativa var. *longifolia*

No forman un verdadero cogollo, son de crecimiento erecto, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho. Las hojas tienden a cerrarse en sus extremos. Algunos ejemplos de variedades de este grupo son: romana, blanca de parís, paris island cos, corsaro, roja de invierno, verde de invierno y baby.

2. Acogolladas, repollada o de cabeza

Lactuca sativa var. *capitata*

Estas lechugas forman un cogollo apretado de hojas suaves o lisas y de hojas crespas (lechuga escarolas). Variedades: batavia, mantecosa, iceberg, big boston, trocadero, white boston, española, great lakes 659 y great lakes 118.

3. De hojas sueltas o de amarra

Lactuca sativa var. *crispa*

Son lechugas que poseen las hojas sueltas y dispersas. Hay variedades de invierno y de verano. Ejemplo: milanesa, gallega, cresa simson, parker y francesa.

4. Lechuga espárrago

Lactuca sativa var. *angustana*

Son aquellas que se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas. Se cultiva principalmente en China y la India.

ANEXO 2. Principales resultados de las actividades de investigación

En el marco del proyecto se realizaron actividades en dos ámbitos:

1. Comportamiento de diferentes variedades de lechuga frente a agentes etiológicos en dos ensayos de variedades realizados en la Región Metropolitana y en la Región de Coquimbo, describiendo los enfoques agronómicos y el comportamiento de orden fitosanitario de cada variedad, en particular el relacionado con las virosis.
2. La segunda parte de los trabajos son estudios sobre la incidencia de enfermedades fungosas y virales en lechuga y algunas estrategias de control, en particular a través del uso de fungicidas.

1) Jardín de variedades

- Clasificación de variedades (Región Metropolitana y Región de Coquimbo).
- Rendimientos agronómicos de variedades de lechugas.

Región de Coquimbo:

Se evaluaron 28 variedades en la Región de Coquimbo, de estas, cuatro correspondieron al tipo mantecosas o butterhead, cuatro al tipo cos o romanas (costinas), 13 al tipo iceberg o escarolas y, finalmente siete al tipo de hojas o latinas. En general el porcentaje de establecimiento de estas fluctuó entre 65 a 88% entre los diversos tipos de lechugas, siendo los tipos de costina y de hoja, los que obtuvieron el menor y mayor porcentaje respectivamente.

Respecto al estado sanitario, se puede destacar que la mayoría de las variedades plantadas no presentaron incidencia de Esclerotinia, a excepción de las variedades cos king, alpha y luberon, las cuales superaron el 10% de plantas con síntomas. La variedad cos king fue la más afectada por esta enfermedad alcanzando el 78,9%.

Respecto al virus de la vena ancha, destaca la alta incidencia del virus en todas las variedades del tipo escarola o iceberg, donde incluso se sobrepasa el 60% en el caso de la variedad winter select y el 80% en la variedad 5293.

También, llama la atención los porcentajes de plantas con síntomas que se presentaron en las variedades lollo rosa y luberon, correspondiente al tipo de hoja, las que obtuvieron 20,9% y 10,3%, respectivamente.

Al analizar la incidencia del virus en las variedades de tipo cos o costina y mantecosa, se observó que no hubo sintomatología de la patología.

Al evaluar con una escala de notas los problemas sanitarios que en general presentaban las plantas, se pudo detectar en algunas variedades una alta incidencia de polvillo (mildiu o bremia), como fue el caso de las variedades alpha, sure shot, cannery row y winter select. La variedad cos king, como se comentara anteriormente, tuvo una muy alta incidencia de Esclerotinia, que sobrepasaba mucho del resto de las plantas.

Al analizar la calidad de las variedades que es valorada en su comercialización (intensidad de color, grado de arpeollamiento o formación de corazón en los casos que correspondía, uniformidad entre las plantas de la misma variedad y otros), en general, se pudo observar que aquellas que obtuvieron una nota deficiente, mohawk, 5293 y cos king, fue directamente debido a daños sanitarios severos, ya sea por Esclerotinia o por virus. Sin embargo, en el caso de la variedad conconina y alpha, la baja calificación correspondió a una mala evaluación por la uniformidad de las plantas.

En relación a la calidad de las lechugas, estas se clasificaron en lechugas de primera y segunda, las cuales corresponden a unidades que pueden ser comercializadas diferenciándose el precio por concepto de tamaño y también las correspondientes al descarte, en el cual se incluyen lechugas que no alcanzan los estándares mínimos para ser comercializadas.

En general se obtuvo que las lechugas del tipo escarola o iceberg presentaron un mayor porcentaje de lechugas de segunda que de primera, a excepción de la variedad mohawk, la cual fue un 100% de descarte por las razones que ya se han comentado más arriba.

En las variedades del tipo cos o costinas, el porcentaje de descarte fue en general bajo y uniforme dentro de este grupo, siendo la variedad cos king la que presentó una distribución donde se obtuvo un mayor porcentaje de unidades de segunda, esto debido al estado sanitario que presentó la variedad.

Finalmente, se puede observar que en el tipo de lechugas mantecosa y de hojas, se obtuvo un alto porcentaje de primera calidad, sobrepasando el 90% y con un bajo porcentaje de descarte, siendo la variedad luberon la excepción en este caso.

Según la calificación de agricultores y técnicos realizada en el día de campo el 8 de enero de 2009, las mejores variedades evaluadas correspondieron a las del tipo hoja, con una nota promedio general de 5,2; seguida por las tipo cos o costina y las del tipo iceberg o escarolas, con promedios generales de 5,1 y 4,9, respectivamente.

Las variedades butterhead o mantecosas fueron calificadas con la menor nota, aunque cabe destacar que en la Región de Coquimbo este tipo de lechugas no es común, a diferencia de las del tipo escarola, que es más cultivada.

En términos generales en los parámetros de tamaño y color, los asistentes calificaron como muy pareja a todos los tipos cultivadas en este jardín varietal, y cuyo promedio de notas fue del orden de 5,0.

En la cualidad sanidad de las plantas, los agricultores evidenciaron diferencias entre los tipos de lechugas, siendo el mejor evaluado las plantas del tipo hoja, seguido por las costinas, con un promedio de 5,2 y 5,1 respectivamente. Las peor evaluadas son las del tipo mantecosa con un promedio de 4,4.

Por último, en relación con el aspecto general comercial, sobresalieron las variedades del tipo hoja con un 5,0 como promedio. El resto de las lechugas fueron calificadas con nota 4,8, 4,7 y 4,6, las del tipo costinas, mantecosa y escarolas, respectivamente. Dentro de las variedades del tipo escarola destacaron negativamente las variedades desert storm mi y grizzly por haber obtenido nota inferior a 4.

Región Metropolitana:

En la Región Metropolitana de las 26 variedades seleccionadas, siete correspondieron al tipo mantecosas o butterhead, cuatro al tipo iceberg o escarolas, ocho al tipo cos o romanas (costinas) y siete al tipo hojas o latinas.

A los 55 días después del trasplante, el estado de las plantas era óptimo, con un mínimo de sintomatología de Esclerotinia y virus de la vena ancha, los que traducido en porcentaje no superaron el 3,0% y 2,5%, respectivamente. Además, las condiciones generales fueron muy buenas, calificando a todas las variedades con nota sobresaliente.

En cuanto a la evaluación de calidad de las plantas, se puede decir que existían diferencias dentro de un mismo tipo de lechugas. Para el caso de las variedades del tipo mantecosa se pudo observar que en promedio obtuvo una buena calificación. Dentro del tipo escarola o iceberg, se destacan la calificación suficiente obtenida por la variedad desetr storm mi, mientras que el resto de este tipo obtuvo nota sobresaliente.

Al analizar los resultados en las lechugas del tipo cos o costinas, se observa una mayor dispersión de calificaciones, desde notas insuficientes (variedad ideal cos) hasta la máxima nota de la escala. Esta evaluación mostró que no todas las variedades poseen las mismas características generales a un mismo período de desarrollo.

Finalmente, las lechugas del tipo hoja también presentaron calificaciones con mayor dispersión, aunque en este caso dos de las siete variedades no alcanzaron a la nota mínima para ser consideradas como suficiente, la gallega de invierno y racy red. En general las bajas calificaciones fueron obtenidas por presentar las variedades un inicio de floración muy anticipado o por aspecto general de las plantas.

La presencia de cabeza para las lechugas del tipo escarola es fundamental para su comercialización y en este ensayo se obtuvo que la totalidad de variedades de este tipo presentaban cabeza. La diferencia se explica por el grado de firmeza que presentaban al momento de evaluación.

Las variedades del tipo mantecosa, presentaron un buen grado de arrepollamiento y con un buen grado de firmeza para el estado de desarrollo en que se encontraban al momento de la evaluación. Sin embargo, en el caso de las costinas sólo dos variedades presentaban encabezamiento con un grado medio de firmeza, debido a que al resto aún le quedaba por crecer. Finalmente en el caso de las lechugas de hojas, este parámetro no es aplicable por condiciones propias del tipo.

En general se obtuvo que las lechugas del tipo mantecosa y de hoja presentaron un mayor porcentaje de lechugas de primera en la mayoría de sus variedades y el porcentaje de descarte fue en general bajo y parejo dentro del tipo mantecosas, siendo las variedades 90-1549-42, ancros zero mi, sesam R2, racy red e ideal cos las que presentaron una distribución donde se obtuvo un mayor porcentaje de descarte superior al 10%, esto debido al estado sanitario que presentó la variedad.

En el día de campo realizado el 5 de enero del 2009, según la calificación general otorgada por los agricultores, las mejores variedades evaluadas correspondieron a las del tipo iceberg o escarolas con una nota promedio general de 6,1, seguida por las tipo butterhead o mantecosas y leaf o de hoja, con promedios generales de 5,9 y 5,5, respectivamente. Por otra parte, las variedades de tipo cos o costinas, obtuvieron la nota más baja de los cuatro tipos de lechugas evaluadas, con un promedio general de 5,2.

En el parámetro de tamaño destacan las lechugas tipo escarolas, las cuales obtuvieron las mejores notas con un promedio 6,3; seguida por las lechugas tipo mantecosa, costina y de hoja, con promedio 5,0. Al analizar la calificación de los asistentes en cuanto al parámetro de color de las plantas, se obtiene que el mejor tipo de lechuga correspondió a mantecosa cuyo promedio fue superior a 6,0, luego estuvieron los tipos escarola y hoja con promedios cercanos al 5,8. Sin embargo las del tipo costina obtuvieron nota inferior a 5,0. En el caso de la sanidad de las plantas, los agricultores evaluaron con nota superior a 6,0 a las variedades de escarolas, mantecosa y costina, siendo la peor evaluada las variedades del tipo de hoja con un 5,7.

Finalmente en el aspecto comercial de las variedades, la que obtuvo la mejor evaluación fue la de tipo escarola con nota 6,0, seguida por los tipos de hoja y mantecosa con 5,3 y 5,4 respectivamente, sin embargo, las variedades costinas en promedio no superaron la nota 5,0 e incluso hubo una variedad que tuvo promedio rojo.

2) Ensayos sobre fitopatología de hongos

- Control de *Olpidium brassicae* (en invernadero y campo)
- Control de *Sclerotinia sclerotiorum* (en invernadero y campo)

Olpidium brassicae

El hongo *Olpidium brassicae* es el vector de los virus que causan la vena ancha de la lechuga, enfermedad que provoca importantes pérdidas en el cultivo de lechuga en el país. Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes fungicidas en el control de este patógeno, se implementó un ensayo el 18 de junio de 2007 con lechugas tipo escarolas en macetas con suelo contaminado por el hongo en el invernadero del centro regional La Platina. El ensayo incluyó cuatro fungicidas más un testigo y dos formas de aplicación (remojo de raíces y riego) con veinte repeticiones de una planta cada uno y un diseño factorial completamente al azar.

Los resultados encontrados en el ensayo demostraron que las aplicaciones de fungicidas lograron disminuir la cantidad de propágulos del hongo. Los síntomas de la enfermedad también fueron menores en aquellas plantas tratadas con los fungicidas, especialmente Ridomil.

Durante el año 2008 se continuó con las evaluaciones en condiciones de invernadero sobre el efecto del control químico del hongo *Olpidium brassicae* con fungicidas aplicados al momento de trasplante. Se evaluó el efecto de diferentes fungicidas en el control de este patógeno. Se implementó un ensayo en el mes de junio de 2008, con lechugas tipo escarolas en macetas con suelo contaminado por el hongo procedente de la localidad de Lampa en el invernadero del centro regional La Platina. El ensayo incluyó 13 tratamientos y los fungicidas evaluados fueron Mancozeb 80, Ridomil Gold MZ, Oxicloruro de Cobre, Tatoo, Previcur y Bravo, más un testigo de agua potable y dos formas de aplicación (remojo de raíces y remojo de raíces más riego) con veinte repeticiones de una planta cada uno y un diseño factorial completamente al azar.

Los resultados señalan que existieron diferencias significativas para los diferentes tratamientos. Las aplicaciones de fungicidas Mancozeb, Ridomil y oxicloruro de cobre disminuyeron el número de esporas de resistencia del hongo *Olpidium brassicae* en comparación con el testigo en ambas formas de aplicación. El fungicida Tatoo solo fue diferente al testigo en la forma de aplicación inmersión, mientras Bravo fue superior al testigo en inmersión más riego. El fungicida Previcur no disminuyó significativamente el número de esporas en comparación con el testigo en ninguna de las formas de aplicación.

Al hacer un análisis del efecto de los productos en el número de espores de resistencia, independientemente de la forma de aplicación, se observa que Mancozeb disminuyó el número en casi 100% y Ridomil en 83% con respecto al testigo.

Los resultados de la prueba de inmunopresión para los virus analizados reflejaron ausencia del virus de la vena ancha y presencia de virus mirafiori en casi todos los tratamientos. Solo en los tratamientos con oxiclورو de cobre con inmersión y Tatroo, con ambas formas de aplicación, no se determinó presencia de virus.

Estos resultados no siempre coincidieron con los resultados de sintomatología de las plantas, en esta se destaca la ausencia de síntomas de virus en los tratamientos con Mancozeb en ambas formas de aplicación. Donde se observó mayor cantidad de síntomas fue en los tratamientos de Previcur, lo que coincidió también con la mayor detección de virus mirafiori.

En conclusión, se puede decir que es posible disminuir el número de propágulos del hongo vector de la vena ancha, *Olpidium brassicae*, con la aplicación de fungicidas tanto en inmersión como además en riego. Los productos más adecuados fueron Ridomil Gold, Mancozeb y oxiclورو de cobre.

En ensayos de campo se confirmaron aquellos obtenidos en invernadero y se concluyó que los fungicidas lograron disminuir los propágulos del hongo *Olpidium brassicae* al mes de aplicados vía inmersión de las raíces en una solución de fungicidas por 15 minutos. Los mejores productos fueron Ridomil Gold MZ y Tatroo. Estos resultados implican que existe una forma de bajar las poblaciones del hongo en el campo y de esa forma impedir que el virus se propague. Los resultados también señalaron que no hay relación entre el número de esporas de resistencia y presencia de virus en las plantas. Esta situación se había observado anteriormente en otros estudios de invernadero.

Sclerotinia sclerotiorum

El hongo *Sclerotinia sclerotiorum* causa severos daños en el cultivo de lechuga debido a las pérdidas ocasionadas por la muerte de plantas, especialmente en cultivos de otoño-invierno. El hongo tiene la capacidad de permanecer en el suelo por muchos años a través de estructuras de resistencia llamadas esclerocios, lo que dificulta su control. Además tiene un amplio rango de hospederos que incluye especies de géneros bien diferentes como lupino, maravilla, alfalfa, fréjol, garbanzo, pimiento, ají, tomate, pepino, repollo, coliflor, kiwi, raps, canola, vid entre otras; lo que dificulta aún más las posibilidades de rotación de cultivos y manejo.

Durante los años que se ejecutó el proyecto se desarrollaron una serie de evaluaciones con el fin de determinar estrategias de control químico de este hongo. Este trabajo se realizó en las siguientes etapas:

- Evaluaciones in vitro de efectividad de fungicidas.
- Control del hongo en condiciones controladas en invernadero.
- Control del patógeno en condiciones del campo.
- Estudios tendientes a determinar la fase sexual (apotecios) en condiciones de campo.

De los resultados de las evaluaciones in vitro se pudo determinar que existen fungicidas que pueden afectar el desarrollo del hongo, los mejores productos fueron Comet, Cantus, Scholar, Botran y Rovral.

De acuerdo a los resultados del ensayo anterior se consideraron los siguientes fungicidas para evaluar el efecto en condiciones de invernadero: Rovral, Comet, Cantus y Bellis. Se incluyó también el fungicida Cercobin debido a que es el más utilizado por los agricultores para el control de la enfermedad. El fungicida Scholar aunque tuvo efecto no se utilizó ya que tiene registro y no está recomendado para este uso sino que para problemas de hongos en poscosecha y en cámaras de frío, además este fungicida se usa solo en oscuridad pues con luz natural y al aire libre no tendría efecto.

Los resultados de los ensayos permitieron determinar una efectiva forma de inoculación a las plantas que permitió un alto porcentaje de plantas atacadas por el hongo.

El control químico señaló un buen efecto de los fungicidas al ser aplicados en forma preventiva, es decir, antes de la infección por el hongo. Se recomienda el uso de los fungicidas Rovral, Cantus y Comet para el control de la enfermedad aplicado en forma preventiva.

Considerando los resultados obtenidos en invernadero fue necesario evaluar el comportamiento de los fungicidas en condiciones de campo, para lo cual se estableció el 18 de junio de 2008 un ensayo en lechugas tipo escarolas variedad winter haven en la localidad de Lo Echevers, comuna de Lampa, Región Metropolitana.

Durante la temporada no se presentó una gran infección por *Sclerotinia sclerotiorum* en el ensayo, lo que dificultó la discriminación del efecto de los fungicidas, la incidencia para la enfermedad fue muy baja (inferior a 10%) y no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos.

Los resultados de rendimiento por unidad de lechuga, aunque se encontraron diferencias estadísticamente significativas en peso de lechugas, no permite concluir nada con respecto al efecto de los fungicidas, como tampoco la forma de aplicación, por lo tanto se recomienda repetir el ensayo en suelo con mayor infección de la enfermedad.

A nivel mundial se señala a la fase sexual (apotecios y ascosporas) del hongo como la principal fuente de inóculo de la enfermedad y parte esencial del ciclo de la misma.

En Chile, el ciclo de la enfermedad se ha desarrollado principalmente a partir de esclerocios que infectan plantas produciendo micelio y síntomas de pudrición junto con nuevos esclerocios que permanecen en el suelo. Sin embargo, el aumento de infecciones en órganos aéreos de los cultivos, observado por diferentes investigadores, sugiere la presencia de la fase sexual en el país, y por consecuencia infecciones por ascosporas.

Considerando lo expuesto durante la temporada 2008 y como parte importante en el control de la enfermedad, se tuvo como objetivo determinar la presencia de ascosporas de *Sclerotinia sclerotiorum* en rastrojos o cultivos de lechuga en la Región Metropolitana.

Los resultados de los ensayos en campo permitieron determinar por primera vez en el país la fase sexual de *S. sclerotiorum*, esta determinación sugiere una nueva forma de manejo de la enfermedad en los cultivos afectados, ya que al presentarse la fase sexual debe considerarse aplicaciones al follaje de fungicidas para evitar la infección aérea por las ascosporas.

3) Biotecnología

- Virología de variedades.
- Microsatélites para lechugas.
- Aplicación de estimulantes biológicos y químicos a lechugas.

Para los estudios de **virología** se realizaron muestreos y evaluaciones de jardines de variedades en la zona norte (La Serena) y central (Santiago) del país, durante los periodos de invierno y primavera-verano.

Cinco tipos de lechugas fueron estudiadas: escarola, costina, mantecosa, latina y de hoja, de cada uno de ellos se utilizaron además distintas variedades de lechugas.

Se realizaron inmunoimpresiones y sqRT-PCR a las lechugas colectadas de los jardines de variedades para identificar la presencia de síntomas característicos de la enfermedad de vena ancha y su correlación con la aparición de dos virus que han sido relacionados con dicha enfermedad, virus mirafiori de la lechuga (MiLV) y el virus de la vena ancha de la lechuga (LBVV), ambos transmitidos por el hongo *Ospidium brassicae*. Además, se realizaron western blot para determinar la carga viral entre los distintos tipos de lechugas.

Los resultados de los ensayos mostraron que los jardines de variedades de la temporada de invierno presentaron la sintomatología más severa de la enfermedad de la vena ancha de la lechuga. Cuando se comparan los síntomas observados en la Región de Coquimbo con aquellos de las variedades utilizadas en la Región Metropolitana, se concluye que la enfermedad afecta un porcentaje mayor de plantas en la RM (es decir la enfermedad presenta una mayor incidencia), y la sintomatología observada es también más intensa en esta región, dando cuenta de una mayor severidad de la enfermedad bajo las condiciones climáticas de la RM, comparadas con las de la Región de Coquimbo. Lo anterior es coincidente con las descripciones de la literatura donde se destaca el hecho de que los síntomas de la enfermedad de la vena ancha de la lechuga son más severos cuando la temperatura máximas son inferiores a 18°C, por ello las mayores pérdidas asociadas a esta enfermedad ocurren en las temporadas de otoño-invierno, en regiones frías. Esto permitiría recomendar el uso de suelos agrícolas de la zona norte del país en las temporadas frías, de forma de evitar las pérdidas asociadas de vena ancha de la lechuga que son observadas frecuentemente en la zona central-sur del país.

Las evaluaciones de germoplasma frente a la enfermedad de la vena ancha de la lechuga, en las localidades de La Serena y Santiago, mostraron que en los materiales no presentaron genotipos inmunes la enfermedad, ya que todas las variedades se infectaron con el hongo vector y los virus asociados a esta enfermedad. Sin embargo, existieron variedades que no mostraron síntomas severos de esta enfermedad viral, indicando que existirían niveles de tolerancia a vena ancha. Es importante destacar las variedades de color rojizo, las que a pesar de estar infectadas con los agentes virales no presentan nunca sintomatología de vena ancha.

En la búsqueda de explicaciones para el fenómeno de tolerancia observado en las variedades de hoja, y en particular en las variedades rojas, se hizo análisis de western blot, como un indicador de carga viral presentes en las variedades analizadas. Los resultados mostraron que la carga viral no necesariamente se asocia con una mayor severidad de los síntomas observados, ya que todas las variedades analizadas presentaron una carga similar de virus, a pesar de que la sintomatología observada entre ellas variaba de moderada a más.

Los **microsatélites**, o secuencias simples repetidas (SSR), son secuencias de ADN que se repiten en pares o tándem, por lo general con una unidad de repetición de 2 a 4 pares de bases (por ejemplo, GA, CTT y GATA) y se encuentran dispersos en el genoma. En muchas especies, se ha demostrado la existencia de múltiples alelos para algunos microsatélites debido a las variaciones en el número de copias de esta unidad de repetición. Los microsatélites pueden analizarse por la técnica de la PCR utilizando iniciadores específicos, procedimiento conocido como aproximación por microsatélites de sitio de secuencia marcada (STMS). Los partidores son diseñados para complementar las secuencias vecinas al microsatélite de manera de amplificar dicha secuencia. Son marcadores co-dominantes y pueden reconocer homocigocidad y heterocigocidad en organismos diploides. Los alelos (productos de la PCR) pueden separarse por electroforesis en gel de agarosa o en gel de poliacrilamida. Para desarrollar microsatélites de sitio de secuencia marcada se necesita información sobre la secuencia de ADN que flanquea al microsatélite. Si bien esta información puede obtenerse en ocasiones a partir de las bases de datos de secuencias de ADN existentes, otras veces ha de conseguirse de forma empírica.

Los microsatélites se clasifican de acuerdo al número de nucleótidos que posea el motivo de repetición como: mono, di, tri, tetra, penta o hexanucleótido. La clasificación también incluye el patrón de orden de los motivos:

- * Puro o perfecto: Un solo motivo repetido n veces en serie. Ejemplo: (AC)⁹
- * Puro interrumpido: Un solo motivo repetido n veces, donde se intercalan nucleótidos entre las distintas repeticiones. Ejemplo: (CA)2AA(CA)12
- * Compuestos: Dos o más motivos repetidos en serie. Ejemplo: (GT)2(TG)10
- * Compuestos interrumpidos: Al menos uno de sus motivos presenta nucleótidos intercalados. Ejemplo: (CT)4(GT)2CTAT(GT)15
- * Complejos: Combinaciones entre cualquiera de las clases anteriores, sin ningún patrón de orden definido. Ejemplo: (ACC)8+TG+(GA)12+(TTA)5+GC+(TTA)4

El objetivo del estudio de microsatélites en el proyecto fue seleccionar un grupo que permitiera diferenciar entre distintos tipos y variedades de lechugas.

De los ensayos se obtuvo un número reducido de oligonucleótidos o microsatélites capaces de diferenciar entre distintos tipos de lechuga. Por ejemplo, utilizando dos sets de partidores (óligos par 6 y 8) se puede diferenciar los cuatro tipos de lechuga (costinas, escarolas, latinas y de hoja). Sin embargo, estos microsatélites aún no permitirían diferenciar entre variedades que pertenezcan a un mismo tipo de lechuga. Es decir, variedades que pertenezcan al tipo costinas u otras que pertenezcan al tipo escarola no serían necesariamente diferenciadas con las herramientas aquí desarrolladas. Sin embargo, se debe destacar que en esta etapa se analizaron sólo 17 pares de oligonucleótidos, de un total de 145 pares que se obtuvieron al analizar la base de datos del proyecto Genoma de las Compuestas.

Es probable, que al ampliar el número de partidores analizados se pudiera alcanzar el nivel de diferenciación de variedades dentro de un tipo de lechugas en particular, de forma de genotipar las variedades de lechuga.

El objetivo de estudiar los **estimulantes biológicos y químicos en lechuga** fue evaluar el efecto de fungicidas y bioestimulantes en su desarrollo, además de la aparición de síntomas causados por la enfermedad de la vena ancha de la lechuga, causada por los virus (MiLBV y LBVV).

Los resultados de los ensayos mostraron que los tratamientos con los fungicidas e inmunoes-timulantes analizados en el presente estudio (Comet, Bellis, Natufol, Naturcomp y Kelpak), no mostraron capacidad de reducir la incidencia o severidad de la enfermedad de la vena ancha de la lechuga. Para todos los tratamientos utilizados, al término de la cinética de infección se obtuvo una sintomatología y número de plantas infectadas con los agentes virales asociados a esta enfermedad que fue similar a lo observado en los controles no tratados.

ANEXO 3. **Literatura consultada**

INE. Información Hortícola. Publicación especial 2008-2009. Santiago. Julio 2010
http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/01_07_10/horticola_08_09.pdf

INE-ODEPA. El choclo, la hortaliza más cultivada de Chile. Enfoque estadístico. Santiago. Julio 2010
http://www.ine.cl/filenews/files/2010/julio/pdf/hortofruticula_web_19-07-10.pdf

ODEPA. Mercados Agropecuarios. Mercados de las lechugas. N° 122. Santiago. Septiembre de 2002

ANEXO 4. **Documentación disponible y contactos**

El presente documento, su ficha correspondiente y los informes finales del proyecto precursor se encuentran disponibles como PDF, en el sitio Web de FIA “Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario” (<<http://experiencias.innovacionagraria.cl>>), al cual también puede ingresar desde la página de inicio del sitio Web institucional, desde la opción “Experiencias de Innovación de FIA” (<www.fia.gob.cl>).

Contacto: fia@fia.cl