

Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Resultados y Lecciones en

**Enfermedades
en Tomate Primor**

Proyecto de Innovación en
Región de Arica y Parinacota





Resultados y Lecciones en Diagnóstico y Prevención de Enfermedades en Tomate Primor



**Proyecto de Innovación en
Región de Arica y Parinacota**

Valorización a noviembre de 2010



Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto “Implementación de un sistema de diagnóstico y prevención de enfermedades causadas por virus en tomate en la Región de Arica y Parinacota”, especialmente a Germán Sepúlveda, profesional de la Universidad de Tarapacá, por su valioso aporte en el análisis de esta experiencia.

Resultados y Lecciones en

Diagnóstico y Prevención de Enfermedades en Tomate Primor

Proyecto de Innovación en la Región de Arica y Parinacota

Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 207.707

ISBN N° 978-956-328-099-9

ELABORACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Rodrigo Navarro, Marcela Aguilera y Félix Bórquez - BTA Consultores S. A.

REVISIÓN DEL DOCUMENTO Y APORTES TÉCNICOS

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

EDICIÓN DE TEXTOS

Andrea Villena M.

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.....	7
2.1 Virus fitopatógenos y su propagación	7
2.2 Principales virus de la Región	8
2.3 Medidas de control de virosis en tomate.....	9
3. El valor de la herramienta desarrollada	10
3.1 La conveniencia para el sector.....	10
3.2 La conveniencia económica para el productor	11
4. Perspectivas de mercado	12
4.1 Mercado nacional	12
4.2 Exportaciones	16
5. Alcances y desafíos de la tecnología desarrollada	18
6. Claves de viabilidad	18
7. Asuntos por resolver.....	21

Sección 2. El proyecto precursor	23
1. El entorno económico y social.....	23
2. El proyecto precursor	24
2.1 Objetivos y resultados.....	24
2.3 Otros resultados.....	26
3. Los productores hoy.....	27

Sección 3. El valor del proyecto aprendido y precursor	29
---	----

ANEXOS

1. Principales virus de cultivos hortícolas de la Región de Arica y Parinacota	33
2. Análisis y beneficios económicos para el productor.....	38
3. Especialistas que visitaron y colaboraron con el proyecto durante el período de ejecución	42
4. Literatura consultada.....	43
5. Documentación disponible y contactos.....	44



GUILLERMO FEUERHAKE

SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas sobre el diagnóstico y prevención de enfermedades en el cultivo del tomate en la Región de Arica y Parinacota, a partir de un proyecto financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA.

Se espera 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 y, potencialmente, desarrollar iniciativas relacionadas con este tema.

► 1. Antecedentes

El análisis y los resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados sobre la base de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de un proyecto financiado por FIA (proyecto precursor²), denominado “Implementación de un sistema de diagnóstico y prevención de enfermedades causadas por virus en tomate en la Región de Arica y Parinacota”.

La iniciativa fue ejecutada por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, en asociación con la Universidad de Talca, entre los meses de diciembre del año 2005 y marzo de 2009. La asociación Agrícola del Norte S.A., sociedad anónima que agrupa a más de 400 agricultores dedicados a la producción de hortalizas en el Valle de Azapa, participó como beneficiaria de esta iniciativa.

El objetivo fundamental del proyecto fue generar y potenciar el servicio de análisis temprano de enfermedades virales en el cultivo del tomate y favorecer la sustentabilidad del rubro, principalmente para pequeños agricultores. Se generaron las bases del conocimiento epidemiológico que permiten impulsar estrategias de prevención y manejo de las enfermedades virales en el sistema productivo.

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.

Adicionalmente, el proyecto permitió establecer la importancia de estas enfermedades, a través de técnicas serológicas y moleculares, identificando los principales agentes causales.

El cultivo de tomate como primor³ es la actividad más importante para los agricultores de la región, los que producen 50.000 toneladas por temporada en una superficie de 450 hectáreas. A nivel nacional esta hortaliza representa divisas por MMS\$13.150 por temporada (9 meses) y ocupa directamente a 28.350 personas en faenas de manejo y cosecha (Proyecto precursor).

En los últimos años, en la Región de Arica y Parinacota se han detectado enfermedades virales sistémicas que han afectado la actividad hortícola, lo cual se ha reflejado en una disminución de la producción cercana al 50%, porcentaje que puede variar de temporada a temporada.⁴



H. ZELL

Hasta antes del proyecto precursor, existía un conocimiento muy parcial sobre las enfermedades virales en la zona, ya que no había un sistema de diagnóstico de enfermedades, por lo que los agricultores incurrieron en grandes gastos en servicios de diagnósticos, dependiendo de los laboratorios de otras regiones.

Los resultados del proyecto permitieron confirmar la presencia de a lo menos diez virus fitopatógenos asociados al cultivo de tomate en la Región de Arica y Parinacota. Se evaluaron técnicas de manejo y estrategias de control, las que permitieron recomendar acciones específicas a los productores. También se estableció un sistema de evaluación y diagnóstico precoz en almáciguera y en los primeros estados del cultivo.

³ **Primor:** producción en época temprana que no coincide con la masiva cosecha de la zona centro-sur del país.

⁴ Entrevista al Sr. Germán Sepúlveda.

► 2. Base conceptual y tecnológica de la herramienta

2.1 Virus fitopatógenos y su propagación

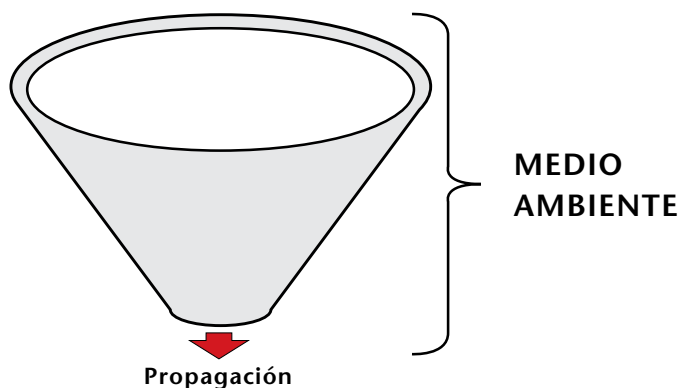
El norte de Chile, particularmente el valle de Azapa y sus alrededores, es una zona especialmente propicia para el cultivo del tomate y constituye el lugar de origen de las especies *Lycopersicon peruvianum* y *Lycopersicon chilense*, las que conforman gran parte de la base genética de las variedades comerciales de tomate que actualmente existen (Rick, 1992).

En el valle de Azapa es posible completar el ciclo productivo del tomate en 9 meses, con producción al aire libre y costos muy inferiores a los que se incurren en otras regiones del país para la producción de tomate de consumo fresco (Doussoulin, 1991).

Sin embargo, las inusuales condiciones climáticas de los últimos años, caracterizadas por temperaturas medias mensuales⁵ muy superiores al promedio histórico del valle, han traído como consecuencia la proliferación de diversos vectores⁶ de virus (áfidos, trips, mosquita blanca, entre otros), los que han potenciado el daño que causa este tipo de patógenos en las plantaciones de tomate.

Los virus en las plantas provocan enfermedades que pueden ser transmitidas o propagadas de diversas formas. Distintos vectores pueden diseminarlas y llevarlas a nuevas zonas, infectando hospederos como malezas y plantas cultivadas; para ello debe existir en el ambiente el agente infeccioso (virus), un vector y un hospedero (Figura 1).

FIGURA 1. Factores de propagación de enfermedades en plantas



Fuente: Elaborado por
Biotecnología Agropecuaria-BTA.

Algunas formas de transmisión de virus son por “inoculación mecánica”, a través de la transmisión de savia, la cual puede ser transferida de plantas de tomate infectadas a plantas sanas a través de herramientas, manos, ropa o maquinaria.

Otra forma de transmisión es por “propagación vegetativa”: los virus que están infectando una planta madre infectan tubérculos, bulbos, rizomas, esquejes, brotes de madera u otras porciones de tejido de esta planta.

⁵ Temperatura media mensual: promedio de las medias de temperaturas máximas y mínimas registradas en un mes.

⁶ Vector: organismo capaz de portar y transmitir un agente infeccioso.

Los insectos son la vía más común y, por lo tanto, económicamente importantes en la diseminación de virus en el campo. Sólo algunos grupos de insectos pueden transmitir virus, incluyendo áfidos (pulgones), moscas blancas, trips, escarabajos, entre otros. De igual forma, existen nematodos del suelo capaces de transmitir virus a las plantas.

Por otro lado, cuando un virus es transmitido por polen, este puede infectar a la semilla y, por consecuencia, a la plántula que crecerá de esa semilla. También puede infectar a la planta a través de la polinización de la flor.

2.2 Principales virus de la Región

Según el proyecto precursor, los principales virus posibles de encontrar en los cultivos hortícolas de la XV Región que afectan al tomate y los vectores descritos responsables de su transmisión, son:

- *Alfalfa Mosaic Virus* - AMV (Virus del mosaico de la alfalfa)
- *Cucumber Mosaic Virus* - CMV (Virus del mosaico del pepino)
- *Potato Virus Y* - PVY (Virus Y de la papa)
- *Tobacco Mosaic Virus* - TMV y *Tomato Mosaic Virus-ToMV* (Virus del mosaico del tabaco y virus del mosaico del tomate, respectivamente)
- *Tomato Spotted Wilt Virus* - TSWV (Virus de la marchitez manchada o bronceado del tomate)
- *Potato Virus X* - PVX (Virus X de la papa)
- *Tomato Ringspot Virus* - ToRSV (Virus de la mancha anular del tomate)
- *Pepino Mosaic Virus* - PepMV (Virus del mosaico del pepino dulce)
- Geminivirus

En el Anexo 1, se describen las características de estos patógenos y los síntomas que presentan las plantas enfermas.

Algunos síntomas provocados por estos virus en el tomate son: plateado y bronceado de las hojas, presencia de ampollas, enanismo, disminución del área foliar, amoratamiento de venas y folíolos apicales (hojas en los brotes). El virus del mosaico del pepino (PepMV) puede presentar además cribado (grietas de color café) en frutos y tallos (Figura 2). Por su parte el virus del estriado de las venas amarillas del tomate puede presentar enrollamiento y acucharamiento de folíolos (Figura 3).

FIGURA 2. Síntomas de PepMV en plantas de tomate



Fuente: Proyecto Precursor.

FIGURA 3. Síntomas de Begomovirus (Familia Geminivirus) en plantas de tomate cv Naomi

A: hojas distorsionadas y “acucharadas” B: brotes azules en plantas de tomate.



Fuente: Proyecto Precursor.

El virus del mosaico del pepino dulce tiene un estrecho rango de hospederos, limitándose casi únicamente a solanáceas. No se conocen aún vectores directos. Los síntomas observados en campo corresponden a mosaicos en el follaje, reducción del área foliar, prevalencia de pigmentos antocianínicos (brotes azules), enrollamiento foliar, ampollamiento, reducción del área foliar, aborto floral, cribado en tallos y frutos y manchas necróticas. Todo ello asociado a pérdida de rendimiento. Si bien es cierto que algunos de estos síntomas no son típicos de PepMV, se debe considerar que en muchos casos este virus causa infecciones mixtas con otros virus y que la influencia del medio ambiente, principalmente las bajas temperaturas que se presentan en invierno, inhiben la expresión de algunos síntomas y magnifican la expresión de otros.

2.3 Medidas de control de virosis en tomate

Con el desarrollo del proyecto se generó información práctica orientada a proponer estrategias de control de las virosis que afectan al tomate en la XV Región e información científica que se puso a disposición de la comunidad científica. De esta forma, en el ámbito del control, se propuso:

- Establecer rotación de cultivos.
- Reducir las fuentes de inóculo (malezas y rastrojos): los restos de cultivo anterior, cultivos colindantes enfermos y malezas pueden ser fuentes importantes de inóculo. Además, estudios recientes demuestran que el patógeno es capaz de mantenerse a niveles detectables (por DAS – ELISA⁷) hasta tres meses luego de la incorporación de los rastrojos al suelo (Proyecto precursor). Incluso, las observaciones de campo muestran que buena parte del descarte (fruta rechazada que no tiene posibilidades de comercialización) es eliminada de manera desordenada, lo que se conforma importantes focos de contaminación biológica.

⁷ DAS ELISA es una prueba serológica para la detección de virus, un tipo de ELISA. Las siglas DAS responden al inglés *Double Antibody Sandwich* y ELISA a *Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay*.

- Implementar invernaderos cubiertos con malla antivectores, que considere registro y restricción en la entrada al plantel de cultivo.
- Establecer sistemas complementarios, tales como pediluvios⁸ y lavatorios.
- Establecer un programa de manejo integrado que considere elementos integrados de control.
- Reducir el tránsito de personas en las diferentes unidades productivas: el movimiento de los trabajadores de un cultivo a otro es una fuente importante de diseminación de la enfermedad.
- Implementar Buenas Prácticas Agrícolas en el trabajo cotidiano. Esto se enmarca en ordenar o estructurar una estrategia de trabajo en los potreros, comenzando los trabajos en los cultivos más jóvenes y posteriormente intervenir las plantaciones más antiguas.
- Una medida básica, establecida parcialmente, es desinfectar manos, ropas y herramientas entre una plantación y otra.

► 3. El valor de la herramienta desarrollada

3.1 La conveniencia para el sector

El proyecto permitió establecer la importancia de las enfermedades virales a través de técnicas serológicas y moleculares, identificando los principales agentes causales: el virus del mosaico del pepino dulce (PepMV) y el virus del estriado de las venas amarillas del tomate (*Tomato Yellow Vein Streak Virus*). Además, se pudo comprobar la ocurrencia de infecciones combinadas, con la consecuente alteración de los patrones sintomáticos tradicionales. El flujo de información desde la unidad de ejecución



del proyecto hacia el sector productivo permitió incorporar estrategias de manejo preventivo y medidas profilácticas, antes desconocida en Azapa. Hoy, un porcentaje creciente de agricultores usa malla antivectores (o antiáfidos) e insecticidas sistémicos e inductores de resistencia adquirida como medidas de manejo de las enfermedades virales.

⁸ **Pediluvio:** Barrera sanitaria dispuesta a la entrada de galpones o sitios restringidos (invernaderos, salas de proceso, etc.). Consiste en un baño con solución desinfectante para el calzado, lo que evita la transmisión de agentes contaminantes y patógenos a través de este.

Adicionalmente, las compañías productoras de semillas incorporaron como una práctica común la evaluación de híbridos y líneas mejoradas de tomate. De esta forma, cada temporada se evalúan cerca de 200 híbridos de tomate en forma independiente.

Cabe destacar que gracias a la implementación de esta iniciativa se logró secuenciar el genoma del *Tomato Yellow Vein Streak Virus*, no registrado antes en Chile y de gran impacto en la región. Es un Begomovirus (Familia de Geminivirus), ya que es transmitido por *Bemisia tabaci* o mosca blanca del tabaco, conocida plaga del tomate denominada “palomilla” por los agricultores del valle de Azapa. El secuenciamiento del genoma de este virus permitió aclarar la identidad del agente causal responsable de la epidemia en tomate.

3.2 La conveniencia económica para el productor

El análisis financiero de los flujos, calculados en el proyecto precursor en base a 5 ha (Anexo 2), presenta indicadores muy positivos. La explicación de este comportamiento se fundamenta en que el establecimiento de medidas innovadoras, tales como el aislamiento del cultivo, lleva a mantener niveles productivos, pudiendo impulsar un incremento significativo del rendimiento.

La malla antivectores no sólo protege contra insectos vectores (en este caso, mosquitas blancas), sino que además contribuye a excluir otras plagas, como polilla del tomate, moscas minadoras y pulgones, lo cual representa un ahorro significativo por concepto de menor adquisición de insecticidas.

En algunos casos se justifica la aplicación preventiva, sobre todo al considerar el aumento de la presión de plagas conforme los cultivos se desarrollen durante primavera o verano. El establecimiento de invernaderos se complementa con otras medidas, tales como trampas amarillas, pediluvios, sistemas de puertas y bloqueo del tránsito de personas y animales. Estas medidas no son incorporadas por los agricultores de nivel productivo bajo, por tanto, al establecer como resultado directo del proyecto medidas preventivas y protectoras, se incrementan notablemente los rendimientos y, así, los resultados financieros del agricultor.

En el análisis económico del proyecto precursor se realizó una estimación de los resultados productivos y económicos de la implementación de la tecnología, bajo una serie de supuestos que se detallan en el Anexo 2. Se considera una inversión de \$80.000.000 (ochenta millones de pesos) en infraestructura y malla antivectores. Las proyecciones indican una mejora sustancial en los rendimientos productivos, cercanos al potencial para la especie a nivel nacional. Esto se traduce en indicadores financieros (TIR y VAN) excepcionales.

Por otro lado, la situación sin proyecto no considera la estrategia de aislamiento físico y, por tanto, es una situación de cultivos expuestos a la acción de insectos vectores y otras fuentes de infección, lo que se traduce en pérdidas significativas en el rendimiento. Además, esta situación tiene otros elementos que atentan a la mejora de la eficiencia de los cultivos, tales como uso de semilla deficiente, manejo defectuoso de fertilizantes, muchas veces mal orientado por sugerencias entregadas por vendedores de insumos y otros agentes poco idóneos.

Finalmente, la implementación del laboratorio de detección de virus satisface la demanda de un sector de productores de tomate y empresas distribuidoras de semillas. Los beneficiarios (agrupados en la Sociedad Agrícola del Norte) adquirieron experiencia en la necesidad de diagnóstico viral. La solicitud de servicios fue soportada por el proyecto y se ha trabajado con una demanda de 10 muestras mensuales, cantidad que se espera aumente a medida que la necesidad de este diagnóstico se arraigue en el sector. Considerando un precio de US\$5 por evaluación de muestra mediante PCR (*Polymerase Chain Reaction*), o sea, \$3.000 más 30% como costo de marca UTA (\$3.900), se espera un ingreso por ese concepto de \$39.000 al mes.

► 4. Perspectivas de mercado

4.1 Mercado nacional

En Chile, al año 2009, el tomate es el tercer cultivo hortícola en superficie, después del choclo y la lechuga, con 5.318,3 hectáreas. Esto indica una variación de -15,7% en la superficie de tomate de consumo fresco a nivel nacional con respecto al año 2007 (INE-ODEPA, 2010).

Según datos del VII Censo Agropecuario y Forestal año 2007 (Tabla 1), el 67% de la superficie de tomates para consumo fresco cultivada en el país, es decir, unas 4.300 ha, se concentra entre las regiones de Valparaíso y del Maule, destacando además la superficie cultivada en la Región de Arica y Parinacota, que alcanza a 843 hectáreas y que representa el 13% de la superficie nacional.

TABLA 1. Superficie nacional plantada con tomate (en hectáreas)

Región	Aire libre (ha)	Invernadero (ha)	Total (ha)
XV Región de Arica y Parinacota	843,1	0,25	843,4
I Región de Tarapacá	0,8	0,5	1,3
II Región de Antofagasta	0	0,14	0,12
III Región de Atacama	192,1	30,99	223,1
IV Región de Coquimbo	304,4	54,09	358,5
V Región de Valparaíso	483,5	702,81	1.186,3
XIII Región Metropolitana	1.055,40	31,44	1.086,80
VI Región de O'Higgins	982,5	86,97	1.069,50
VII Región del Maule	803,7	141,65	945,4
VIII Región del Biobío	462,8	7,36	470,2
IX Región de la Araucanía	161,8	7,64	169,4
XIV Región de los Ríos	3,2	1,39	4,6
X Región de los Lagos	0,88	1,55	2,3
XI Región de Aysén	2,1	0,23	2,3
XII Región de Magallanes	0	1	1
Total	5.296,40	1.068,01	6.364,40

Fuente: ODEPA (2010) con datos del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal.

En relación a la tecnología usada para la producción del tomate, de las 6.364 ha a nivel nacional, el 83% se cultiva al aire libre (5.296 ha) y un 17% (1.068 ha) bajo invernadero.

El 70% de la superficie de tomates para consumo en fresco cultivados al aire libre, es decir, 3.685 ha, se concentra en cuatro regiones del país: el 19,9% se produce en la Región Metropolitana (1.055 ha); el 18,6% en la Región de O'Higgins (983 ha); el 15,9% en la Región de Arica y Parinacota (843 ha) y el 15,2% en la Región del Maule (804 ha).

El 79% de la superficie total de tomates cultivados bajo invernadero (884 ha) se concentra en sólo dos regiones del país: el 66% se ubica en la Región de Valparaíso (703 ha) y el 13% en la Región del Maule (142 ha). Más de la mitad de la superficie de tomates en el país se ubica en explotaciones de pequeños agricultores.

El rendimiento unitario promedio del tomate para consumo fresco es de 71,1 t/ha a nivel nacional y alcanza su valor más alto en la Región de Arica y Parinacota con 112,9 t/ha, que responde al nivel tecnológico alcanzado en la región para este cultivo (riego, cultivo bajo plástico, etc.). Así, en esta región el sistema de riego por goteo y cinta es el más importante, alcanzando a un 53% de

la superficie sembrada y/o plantada con hortalizas, mientras que sólo un tercio de esta superficie se riega por surco. A nivel de especies, en esta región el 100% del pimiento y el 92% del tomate plantado se riegan por goteo y cinta (INE, 2010).

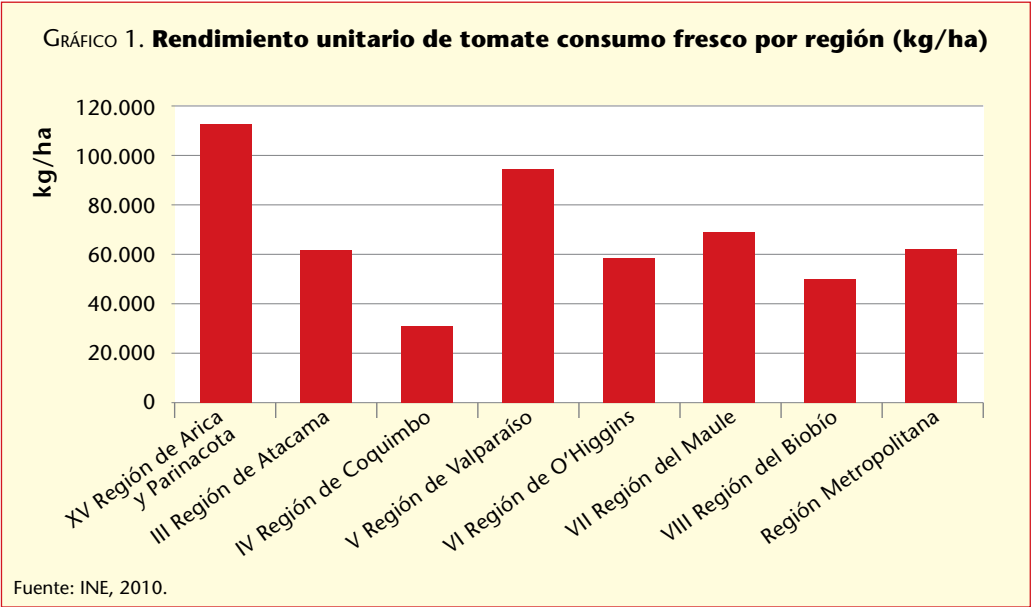


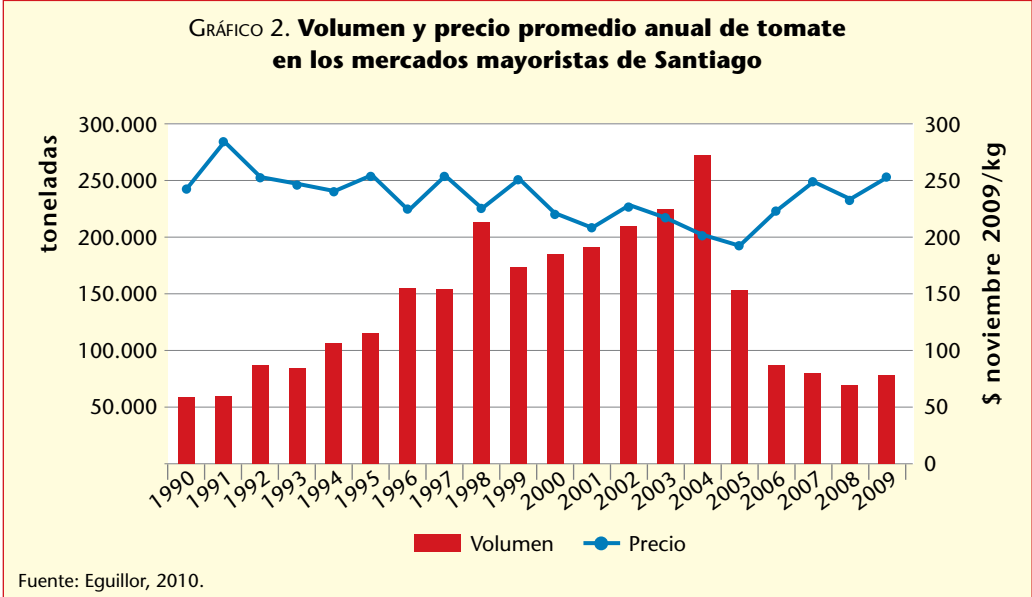
TABLA 2. Tomate consumo fresco, porcentaje de superficie regada por método de riego, según región. Año agrícola 2008/2009

Región	MÉTODO DE RIEGO (% DE LA SUPERFICIE)						
	Aspersión	Carrete o pivote	Goteo y cinta	Micro-aspersión	Surco	Tendido	Otro tradicional
Total	0,1	-	32,6	0,3	63,4	3,4	0,4
XV Región de Arica y Parinacota	-	-	99,2	-	0,8	-	-
III Región de Atacama	-	-	65,8	-	34,2	-	-
IV Región de Coquimbo	-	-	30,0	-	70,0	-	-
V Región de Valparaíso	-	-	56,0	-	19,6	24,3	-
VI Región de O'Higgins	-	-	7,3	-	92,7	-	-
VII Región del Maule	-	-	20,3	2,0	77,8	-	-
VIII Región del Biobío	0,7	-	2,2	-	86,8	4,7	5,6
Región Metropolitana	-	-	6,6	-	93,4	-	-

-: No registró movimiento
Fuente: INE, 2010.

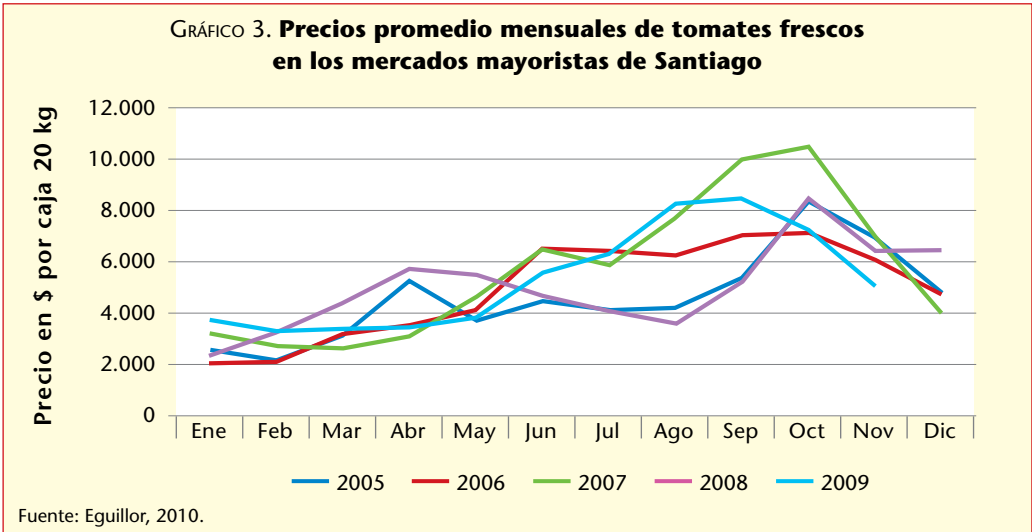
Respecto al precio promedio del tomate en los mercados mayoristas de Santiago, este mostró una tendencia a la baja desde el año 1990 hasta el año 2005, cuando se alcanzaron los menores precios promedio: tan sólo \$192 pesos el kilo. A partir de 2006 se ha visto una recuperación de los precios medios, que han alcanzado \$224 en 2006; \$249 en 2007; \$233 en 2008 y \$253 en 2009 (Eguillor, 2010).

En cuanto a los volúmenes se puede observar un importante y sostenido aumento desde el año 1990, hasta el 2004 cuando alcanzó un máximo con un total de 272.337 toneladas. A partir del año 2005 estos volúmenes han disminuido notoriamente, mostrando un leve aumento en la temporada 2009, año en que a mediados de diciembre había llegado 76.501 toneladas, que se comparan con 69.966 toneladas recibidas en el año 2008 (Eguillor, 2010).



La disminución de los volúmenes recibidos en los mercados mayoristas de Santiago se debe, entre otras causas, a que una importante cantidad de producto está siendo destinado a otros mercados en regiones, como por ejemplo, la Feria Mayorista de Talca y la Feria Agrícola Municipal de Curicó. Por otra parte, se debe considerar el rol creciente de los supermercados en la compra y venta de algunos productos hortofrutícolas que, aunque inferior en importancia al de las ferias libres, explica en parte la disminución de los volúmenes llegados a las ferias mayoristas de Santiago, toda vez que algunos de ellos hacen contratos de compra directa con los productores (Eguillor, 2010).

Los precios varían a lo largo del año (Gráfico 3), siendo por lo general más bajos y constantes en los meses de verano, cuando se presenta la mayor oferta de tomates de la zona central. Por el contrario se observa una gran variación y un alza importante en los meses de invierno. Las mayores oscilaciones a lo largo del año se presentaron en el año 2007, cuando el precio de los tomates estuvo marcado por las bajas temperaturas y fuertes heladas que afectaron la zona central del país (Eguillor, 2010).



El abastecimiento durante el invierno se produce fundamentalmente por la producción de Arica, la que en primavera es seguida por la producción de invernaderos de la zona central y de zonas productoras de primores en Copiapó y Limarí. A medida que avanza la temporada y la cosecha de la producción al aire libre, la oferta se va normalizando y los precios bajan (Eguillor, 2010).

Los precios de los tomates durante el año 2009 mostraron una fuerte alza en los meses de invierno respecto a la temporada 2008. En la Región de Arica y Parinacota bajaron los volúmenes de producción en 2009, como consecuencia de los bajos precios de 2008. Los pequeños agricultores de Arica plantaron una superficie menor, al disponer de recursos más escasos y tener que endeudarse para la compra de fertilizantes y semillas; otro problema que enfrentan los productores de la zona norte es la alta presencia de virus, que se traduce en menores rendimientos y la necesidad de cambiar a cultivos protegidos. Durante el año 2009 los precios fueron buenos en Arica, alcanzando a \$6.000 y \$7.000 por caja de tomates de primera de 18 kg, debido a su escasez de tomate. La diferencia de precios entre los tomates de primera y segunda, que antes promediaba \$1.000 por caja, en ese año fue de \$ 2.000, como consecuencia de una menor oferta de tomates de primera a causa del fuerte ataque de virus (Eguillor, 2010).

En el año 2009, el precio medio más alto en los mercados mayoristas de Santiago fue de \$8.490 por caja de 20 kilos (\$425 por kilo) y se alcanzó en el mes de septiembre. Ya comenzada la época de verano, la oferta empieza a aumentar y los precios bajan. Es así como en el mes de noviembre de 2009, el precio promedio de la caja de 20 kilos en los mercados mayoristas alcanzó a \$4.835, es decir, \$242 por kilo. Los altos precios registrados en este invierno, comparados con los bajos precios del año 2008, se deben a la baja producción fuera de estación de los productores de Arica (Eguillor, 2010).

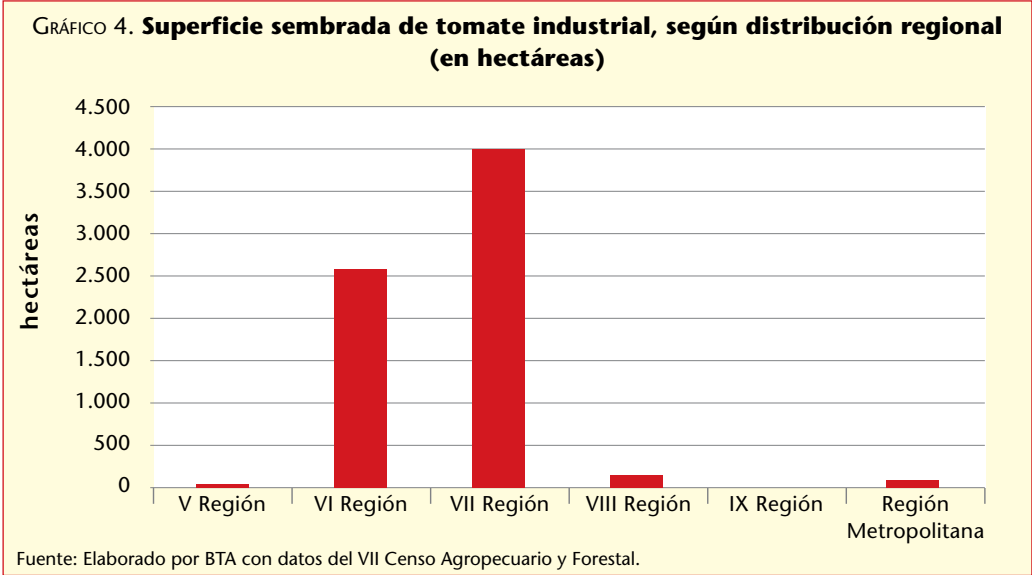
Sector industrial

A nivel nacional, los cultivos industriales al año 2007 contaban con una superficie de 69.971,61 hectáreas. De ellas, el 51% corresponde a superficie en riego (35.646,01 ha) y el 49% a secano (34.325,60 ha). En cuanto a la distribución regional de los cultivos industriales, el 82% de la superficie total se distribuye entre la VII, VIII y IX Región, con un 16% (11.531,70 ha), 28% (19.773,46 ha) y 38% (26.852,10 ha) de la superficie, respectivamente (INE, 2008).

El tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se ha transformado en el cultivo hortícola de mayor importancia económica en Chile, alcanzando más de la mitad de las hectáreas cultivadas totales de tomate plantadas en el país el año 2007. La zona productora se concentra entre las regiones VI y la VII, que presentan importantes condiciones agroclimáticas, como temperaturas moderadas, con diferencia de varios grados entre la temperatura diurna y la nocturna; baja humedad relativa y alta luminosidad, que hacen posible el buen desarrollo de este cultivo. Bajo estas condiciones, se obtiene un rendimiento promedio de 45,73 t/ha y productos finales de alta calidad en cuanto a contenido de sólidos totales y solubles, pH y color (Escaff, 2006; INE, 2008).

El principal producto de elaboración es la pasta de tomate, la cual demanda la mayor cantidad de este fruto como materia prima agroindustrial. Esta corresponde a un concentrado del jugo que resulta de eliminar la piel y las semillas por tamización del tomate triturado. Este es el principal producto de hortalizas en conserva que exporta Chile; la razón de su importancia dice relación con el hecho que se trata del insumo base para la elaboración de diferentes salsas. Para la elaboración de este producto se procesa más del 90% de la producción de tomate industrial (Escaff, 2006).

El cultivo de tomate industrial alcanza a 6.885,30 hectáreas a nivel nacional, la totalidad de estas bajo riego. El 58% de la superficie cultivada se encuentra en la VII Región (4.019,00 ha) y el 38% en la VI Región (2.599,80 ha), encontrándose siembra de tomate industrial también en las regiones V, VIII, IX y Región Metropolitana (INE, 2008).



En relación a la producción de tomate industrial, el año 2007 se produjeron 3.148.876 qqm en todo el país, correspondiendo el 61% a la VII Región y el 36% a la VI Región. El mayor rendimiento promedio lo registran la V Región y la Región Metropolitana, encontrándose ambas junto con la VII Región por sobre el promedio nacional de 457,33 qqm/ha (INE, 2008).

TABLA 3. Producción total y rendimiento promedio del cultivo de tomate industrial según región (en quintales métricos)

País y región	Producción total (qqm)	Rendimiento promedio (qqm/ha)
Total país	3.148.876	457,33
V Región	13.590	535,04
VI Región	1.136.677	437,22
VII Región	1.936.294	481,79
VIII Región	24.985	147,40
IX Región	1.070	345,16
Región Metropolitana	36.260	529,34

Fuente: Elaborado por BTA con datos del VII Censo Agropecuario y Forestal.

4.2 Exportaciones

La producción chilena de tomates para consumo fresco se estima en cerca de 300.000 toneladas, de las cuales la casi totalidad es destinada al consumo interno, siendo muy pequeño y variable el volumen exportado. Por otra parte, las importaciones son mínimas y esporádicas; por lo tanto, el mercado chileno está determinado fundamentalmente por la oferta interna. Argentina ha sido nuestro principal país de destino, con volúmenes variables entre años; luego siguen Estados Unidos y España (Eguillor, 2010).

En cuanto a los precios alcanzados en los distintos destinos, se puede observar una variabilidad bastante amplia, dependiendo del mercado. Los mejores precios alcanzados han sido los de tomates exportados a Japón en el año 2007 (US\$ 7.800 por tonelada) y a Holanda (US\$ 4.125 por tonelada). Los menores precios por exportaciones de tomates han sido a Argentina en los años 2005 y 2006 con US\$ 460 y 498 por tonelada, respectivamente (Eguillor, 2010).

Explorar las reales posibilidades que ofrece el mercado de exportación es una alternativa que deben estudiar los agricultores con posibilidades de hacerlo, de modo de conseguir mayor estabilidad ante las oscilaciones del mercado interno.

TABLA 4. Exportaciones chilenas de tomates frescos o refrigerados (años 2005 a 2009)

País	AÑO				
	2005	2006	2007	2008	ene-nov 09
Volumen exportado (toneladas)					
Argentina	147,5	22,9	395,8	170,9	38,9
EEUU	66,3	-	0,8	19,0	-
España	23,3	29,5	-	36,1	57,5
Holanda	-	-	0,8	-	-
Japón	-	-	0,5	-	-
México	-	-	0,6	-	-
Reino Unido	8,2	7,7	3,9	11,5	6,0
Territ. Británico en América	2,1	2,2	8,5	0,5	0,5
Total	247,4	62,3	410,9	238,0	102,9
Valor de exportaciones de tomates frescos o refrigerados (US\$ FOB)					
Argentina	67.800	11.400	412.100	138.900	53.500
EEUU	193.500	-	1.500	28.500	-
España	23.300	23.100	-	39.400	60.300
Holanda	-	-	3.300	-	-
Japón	-	-	3.900	-	-
México	-	-	1.000	-	-
Reino Unido	16.800	15.000	6.200	18.200	9.600
Territ. Británico en América	3.700	4.200	15.600	1.600	1.100
Total	305.100	53.700	443.600	226.600	124.500

Fuente: Eguillor, 2010.

TABLA 5. Precios de exportación de los tomates (US\$/tonelada)

País	AÑO				
	2005	2006	2007	2008	ene-nov 09
Argentina	460	498	1.041	813	1.375
EEUU	2.919	-	1.875	1.500	-
España	1.000	783	-	1.091	1.049
Holanda	-	-	4.125	-	-
Japón	-	-	7.800	-	-
México	-	-	1.667	-	-
Reino Unido	2.049	1.948	1.590	1.583	1.600
Territ. Británico en América	1.762	1.909	1.835	3.200	2.200
Total	1.233	862	1.080	952	1.210

Fuente: Eguillor, 2010.

► 5. Alcances y desafíos de la tecnología desarrollada

El proyecto precursor adaptó conocimientos y generó tecnologías a nivel local, estableciendo capacidades especializadas en el valle de Azapa de la Región de Arica y Parinacota.

El esquema de control químico de plagas y enfermedades basado en frecuentes aplicaciones de agroquímicos en alta dosis, estaba generando mayores problemas que beneficios. Si los productores de mayor tamaño, que eventualmente son autosuficientes en la búsqueda de soluciones no son inmunes a esos peligros, aquellos agricultores de pequeñas superficies son aún más propensos a utilizar este tipo de soluciones. Precisamente, este hecho refuerza la importancia del proyecto, que generó una respuesta innovadora para abordar el concepto de manejo de plagas y enfermedades y condiciones de manejo ambiental sustentable para el sector.

El valor de la tecnología desarrollada radica, en primer lugar, en la implementación de un laboratorio de detección de virus de hortalizas de importancia económica y un centro de consulta en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, que otorga servicio a los productores de la XV Región y otras regiones de la zona norte de Chile.

Se habilitó este laboratorio de identificación viral en dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, lo que permitió la detección y caracterización de virus vegetales. Paralelamente, se generó suficiente información técnica y se vinculó la actividad del proyecto y de la unidad ejecutora con el sector productivo, estructurando una plataforma de difusión o centro de consultas, el cual atiende las solicitudes de los agricultores de la región.

Como resultado, se identificaron los principales virus que afectan al tomate y otras hortalizas en el valle de Azapa, y se determinaron estrategias de diagnóstico molecular para el control de las enfermedades que causan. Se abordaron algunos aspectos epidemiológicos y moleculares de los principales virus, su sintomatología y formas de transmisión, tales como insectos vectores y labores culturales. Estos conocimientos permitieron generar estrategias de control de las virosis; así, los agricultores enfrentan hoy el desafío de implementar infraestructura adecuada para la contención de vectores, el uso de plantas indicadoras y una serie de manejos de campo que eviten la propagación de enfermedades virales.

► 6. Claves de viabilidad

Tecnificación de productores

Es clave que los productores, especialmente los pequeños, tecnifiquen sus cultivos con el objetivo de aumentar sus rendimientos y disminuir pérdidas. El uso de mallas protectoras y variedades tolerantes, entre otras, disminuirán la brecha de producción con los grandes productores.

En el marco de las medidas de control propuestas, en el proyecto precursor se evaluó el efecto de la utilización de malla antivectores como medida preventiva para evitar el desarrollo de enfermedades virales transmitidas por insectos vectores. El análisis de la incidencia de virus se realizó en cultivos de tomate variedad Naomi bajo invernadero de malla antivectores.

El mosaico del pepino dulce (PepMV) es una enfermedad que presenta un eficiente mecanismo de transmisión mecánica, por lo que se transmite fácilmente a través de labores culturales y contacto entre plantas. Los resultados de los análisis serológicos indicaron que, en general, la incidencia

viral en los invernaderos evaluados no sobrepasó el 15% de plantas infectadas. A su vez, los resultados indican que durante los primeros 90 días de cultivo la incidencia de la enfermedad es muy baja (inferior al 10%), situación que se puede explicar porque durante los primeros tres meses la intervención del cultivo mediante prácticas culturales, tales como poda, desbrote y hormoneo, es muy baja. Dentro de este mismo contexto, se ha demostrado que el desbrotado y entutorado son las formas más rápidas de diseminación.

Por otra parte, la incidencia de virus transmitidos por insectos tales como virus del bronceado del tomate (TSWV), transmitido por *Frankliniella occidentalis*, y virus del estriado de las venas amarillas del tomate (TYVSV), transmitido por *Bemisia tabaci*, fue nula.

Al comparar los resultados obtenidos bajo invernadero con los resultados al aire libre, se puede observar un incremento de la incidencia de enfermedades virales en los cultivos al aire libre. Como se señaló anteriormente, los virus que se presentaron con mayor frecuencia fueron el virus del mosaico del pepino dulce (PepMV) y el virus del estriado de las venas amarillas del tomate (TYVSV).

FIGURA 4. Vista general de un invernadero de 3,5 ha cubierto con malla antivector (Azapa, km 19, agricultor Sr. S. Truffa)



Fuente: Proyecto precursor

Incorporación de medidas y manejos de control

Como clave de viabilidad, es importante incorporar las siguientes medidas:

- Rotación de cultivos
- Eliminación de fuentes de inóculo
- Implementación de pediluvios y lavatorios
- Programa de manejo integrado
- Medidas profilácticas, como desinfección de manos y herramientas
- Restricción de ingreso y designación de personal específico para trabajar en invernaderos

Un aspecto complementario y que se incorporó al desarrollo del proyecto, fue la evaluación de sistemas de control y manejo de insectos plaga vectores de virus. Un producto evaluado, aun cuando se presenta como un controlador de hongos en las plantas, fue Bellis, el cual corresponde a una mezcla de boscalid y pyraclostrobin (boscalid tiene acción sistémica, protectora y curativa). Los ingredientes activos de Bellis controlan los hongos actuando sobre las diferentes etapas de su desarrollo, inhibiendo de manera significativa la germinación de conidias (esporas), el crecimiento del tubo germinativo, la esporulación, la formación de apresorios y el desarrollo del micelio. No obstante el planteamiento hipotético, que dice que Bellis genera respuesta sistémica adquirida (SAR), esta no fue confirmada, sugiriéndose repetir la experiencia con abordajes más detallados.

Reorientación de variedades por parte de las semilleras

Las semilleras deben reorientar la producción de semillas de acuerdo a la carga de virus existente en la zona, produciendo variedades de tomates tolerantes o resistentes a los virus ya identificados.

Cabe señalar que el sistema productivo de tomate en el Valle de Azapa responde a una relativa homogeneidad genética, considerando que el híbrido imperante, cultivado en más del 95% de la superficie, corresponde a Naomi®. Esta situación hace particularmente vulnerable a este sistema productivo, especialmente susceptible a las virosis presentadas y estudiadas en este proyecto.

Algunas de las casas semilleras que están evaluando híbridos de tomate temporada a temporada son: Semillas BHN (a través de Semillas Latinoamericanas), Sakata Seeds, Syngenta Seeds, Hazera (a través de ANASAC S. A.), Aliance Seeds. Cada una de estas casas semilleras evalúan del orden de 40 materiales en ensayos independientes temporada a temporada. Esto hace que en el valle de Azapa se evalúen del orden de 150 híbridos cada temporada. Las casas semilleras evalúan sistemáticamente estos materiales, considerando no sólo aspectos fitosanitarios (manifestación de síntomas de virosis, resistencia a *Fusarium* 1, 2; resistencia a nematodos fitoparásitos, resistencia a *Botrytis cinerea*, *Oidium* spp), sino que aspectos agronómicos, tales como días a primera flor, días a primer corte, calibre, consistencia, número de fruta por racimo, número de racimos, duración de la fruta en pos cosecha y otros aspectos. Un elemento crítico es precisamente la duración de la fruta en pos cosecha, considerando que el transporte de la producción se realiza vía terrestre a las ciudades consumidoras, principalmente Santiago, Concepción, Viña del Mar y Valparaíso, Antofagasta, Calama y otras. Al considerar la distancia que separa a estas ciudades de la zona productora de Arica, resulta fundamental que los híbridos seleccionados cumplan con esta característica.

De esta forma, cada casa semillera posee a la fecha un híbrido candidato que eventualmente podría desplazar al híbrido dominante. No obstante esto, el equipo técnico del proyecto ha planteado la necesidad de seleccionar varios híbridos que cumplan con los requisitos agronómicos y fitosanitarios mínimos, de modo que en el valle de Azapa se reduzca la homogeneidad genética y evite, de esa manera, la susceptibilidad de los cultivos no sólo a las enfermedades virales, sino a otras enfermedades vegetales.

Establecimiento de redes de trabajo internacional y nacional

Durante el periodo se robustecieron los vínculos interinstitucionales entre la Universidad de Tarapacá, la Universidad de Talca y el Ministerio de Agricultura (Seremi de Agricultura, SAG, INIA, INDAP y FIA). Con estos esfuerzos mancomunados se concretó la visita del Dr. Francisco Morales, especialista en complejo mosca blanca-geminivirus del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Otro trabajo de colaboración importante es el que se generó entre la Universidad de Tarapacá y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) La Platina, cuyo nexo se reforzó con la creación de la oficina regional INIA URURI, potenciándose acciones conjuntas en términos de apoyar sistemáticamente el desarrollo de la agricultura en los exigentes valles cultivados del Norte Grande de Chile.

Gracias a este vínculo, cabe destacar las gestiones de la Dra. M. Rosales, INIA La Platina, para concretar la visita de la especialista en Geminivirus de Arizona State University, Dra. Judith Brown, quien realizó una consultoría para la región.

► 7. Asuntos por resolver

La brecha tecnológica entre pequeños y medianos-grandes productores de tomates en la Región de Arica y Parinacota sigue siendo importante. A pesar de los beneficios demostrados por el proyecto, es necesario continuar con la difusión entre los productores de la utilidad del uso de servicios de diagnóstico y prevención de enfermedades, y los grandes beneficios de la implementación de manejos acorde a los problemas virales de la zona. Sin embargo, la sola difusión no será suficiente para la incorporación efectiva de estas tecnologías. Se requiere un programa de transferencia tecnológica enfocado a pequeños agricultores, que considere una estrategia de control y manejo integrado, asesoría especializada, acompañamiento técnico y acceso a fuentes de financiamiento público que los apoyen en la inversión requerida para tecnificar sus cultivos.

FIGURA 5. A: Vista general de la parte media del valle de Camiña; B: Agricultor trabajando con microscopio; C: Explicaciones en terreno de técnicas de muestreo



Fuente: Proyecto precursor

SECCIÓN 2

El proyecto precursor

► 1. El entorno económico y social

Región de Arica y Parinacota

La Región de Arica y Parinacota cuenta con una superficie de 16.873,3 km² y una población estimada al año 2006 de 189.692 habitantes. La región está compuesta por las provincias de Arica y Parinacota, siendo la capital regional la ciudad de Arica.

La economía de la región se basa principalmente en la extracción de recursos naturales, especialmente mineros y pesqueros.

A fines del siglo XIX, la principal riqueza de esta región era el salitre, siendo a la vez el principal producto exportador de la nación. También destacan la extracción de otro tipo de minerales, como el azufre del volcán Tacora y la distomita.

La abundancia de recursos pesqueros (especialmente anchoveta y jurel) ha convertido a este rubro en una de las principales fuentes de ingresos. Sin embargo, el efecto del Fenómeno del Niño ha producido grandes pérdidas en este ámbito.

La agricultura y ganadería son casi nulas debido a la aridez de las tierras. Sin embargo, existen ciertos cultivos en las zonas de quebradas, especialmente aceitunas, cítricos y mangos, además de la ganadería de auquénidos.



El comercio es importante, pues la región es el paso de los productos chilenos hacia los países del norte, como Perú y Bolivia, debido al corredor interoceánico existente. La actividad turística es muy importante, gracias a que posee algunas de las mejores playas del país con alta temperatura de sus aguas y la belleza del altiplano. Cuenta con uno de los mejores desarrollos turísticos a nivel nacional, entre los que destacan el Parque Nacional Lauca, el casino de juego de Arica y la playa Chinchorro, en la capital regional.

Caracterización de los beneficiarios

Entre los beneficiarios del proyecto se encuentra la Asociación Gremial de Agricultores de Arica y Parinacota, Agrícola del Norte, CONADI y otros. La Asociación “Agrícola del Norte” reúne a más de 400 agricultores, pequeños y medianos; la superficie sumada de los socios de Agrícola del Norte alcanza aproximadamente al 80-90% de la superficie cultivada con tomate en la región.

► 2. El proyecto precursor

El proyecto “Implementación de un sistema de diagnóstico y prevención de enfermedades causadas por virus en tomate en la Región de Arica y Parinacota” fue ejecutado por el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, en asociación con la Universidad de Talca y Agrícola del Norte S. A.

Dado el conocimiento parcial de enfermedades virales en el norte de Chile, la inexistencia de un sistema de diagnóstico de enfermedades virales en la región, el alto costo en servicios de diagnóstico, la gran presión de plagas y enfermedades debido al tráfico comercial de la zona, en contraparte con el gran potencial productivo de la región, especialmente en semillas y tomate primor, el proyecto precursor se propuso como objetivo generar y potenciar un servicio de análisis temprano de enfermedades virales en el cultivo del tomate y favorecer la sustentabilidad del rubro, principalmente para pequeños agricultores.

2.1 Objetivos y resultados

- 1. Implementar un laboratorio de detección de virus de hortalizas de importancia económica y un Centro de Consulta en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Tarapacá que otorgue servicios a la zona norte de Chile y a los países vecinos.**

Se habilitó el Laboratorio de Identificación Viral en dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, permitiendo la detección y caracterización de virus vegetales. Paralelamente, se generó suficiente información técnica y se vinculó la actividad del proyecto y de la unidad ejecutora con el sector productivo, estructurando una plataforma de difusión o centro de consultas, el cual atiende las solicitudes de los agricultores de la región.

En colaboración con el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Talca, se capacitó al personal institucional (bioquímicos, ingenieros agrónomos, técnicos agrícolas), como también a alumnos tesistas de la carrera de Agronomía, para que adquirieran las destrezas para la implementación de los ensayos y metodologías para la detección y diagnóstico de virus en plantas.

La colaboración del Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Talca se concretó a través de intercambio profesional entre las dos instituciones. De esta forma, el Dr. Claudio Sandoval hizo 6 visitas al Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Tarapacá durante el período de ejecución del proyecto y, en cada una de ellas, participó de programas de capacitación directa en técnicas de laboratorio (capacitando a parte del equipo técnico y estudiantes), así como en



actividades de difusión, tales como seminarios y conferencias. A la vez, parte del equipo técnico visitó los laboratorios del Dr. Sandoval en Talca y el de la Dra. M. Rosales en Santiago. A través de estas capacitaciones se entrenó a cinco estudiantes de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, quienes desarrollaron su memoria de título. Actualmente, todos se encuentran trabajando en instancias privadas (Pioneer Seeds S. A., SAG y consultoras privadas). Las capacidades humanas quedaron instaladas en la región.

2. Evaluar el estado de infección viral (fitosanitario) de las plantaciones de hortalizas del valle de Azapa que serán parte del muestreo de campo, como también las plantas de vivero de diferentes productores.

Este objetivo específico se desarrolló a través de todo el período de ejecución del proyecto. Se determinaron los niveles de infección para los principales virus presentes en la región y sus características epidemiológicas. El sistema de trabajo permitió estudiar el estado sanitario de más del 50% de las explotaciones comerciales de la región durante el período de ejecución del proyecto. Además, a través de estudios de caso, se determinó la curva de progreso de la enfermedad.

3. Determinar los principales insectos vectores asociados a las patologías virales en la XV Región.

Este aspecto fue abordado en forma colaborativa entre los entomólogos parte del equipo técnico del proyecto y la participación de especialistas internacionales, tales como la Dra. Judith Brown de la Universidad de Arizona (EE.UU.); el Dr. Francisco Morales de Colombia y la Dra. Marlene Rosales del INIA La Platina. Con estos esfuerzos mancomunados se pudo determinar la presencia de *Bemisia tabaci*, biotipo B, como principal insecto vector.

4. Mediante el uso de metodologías moleculares, tales como PCR, RT-PCR y técnicas de inmunodiagnóstico (ELISA), identificar los virus que infectan los principales cultivos hortícolas de la XV Región, especialmente aquellos asociados al cultivo de tomate.

Las técnicas usadas para identificar virus se basaron en inmunodiagnóstico y métodos de biología molecular. De hecho, el laboratorio se implementó con los equipos correspondientes, tales como lector de placas ELISA y termociclador más reactivos de uso específico para estos métodos.

5. **Secuenciar parcialmente el genoma de los virus identificados y, mediante la ayuda de herramientas computacionales, realizar los estudios comparativos con las secuencias genómicas dispuestas en las base de datos (NCBI, EMBL) y poner esta información a disposición de la comunidad científica nacional e internacional.**

Actualmente, caracterizar a los microorganismos a través de secuenciar parte o todo su genoma es una herramienta fundamental que permite corroborar la identidad específica o subespecífica, si corresponde. De esta forma, este objetivo se cumplió parcialmente. Se secuenció el genoma del *Tomato yellow vein streak virus*, un geminivirus no registrado en Chile y de gran impacto en la región. El secuenciamiento del genoma de este fitopatógeno permitió aclarar la identidad del agente causal responsable de la epidemia en tomate. No fue posible secuenciar otros virus fitopatógenos presentes en tomate en la región debido a que fallaron los métodos de purificación.

6. **De acuerdo a los resultados del proyecto, se podrá confirmar la presencia de virus en plantas de tomate como también recomendar a los productores las medidas de manejo y control para el diagnóstico precoz de virosis en hortalizas.**

Los resultados del proyecto permitieron confirmar la presencia de a lo menos 10 virus fitopatógenos asociados al cultivo de tomate en la Región de Arica y Parinacota. Se evaluaron técnicas de manejo y estrategias de control, las que permitieron recomendar acciones específicas a los productores. También se estableció un sistema de evaluación y diagnóstico precoz en almaciguera y en los primeros estados del cultivo. Los resultados del proyecto permitieron incorporar definitivamente la tecnología de mallas antivectores y el uso de telas agrícolas.

2.2 Otros resultados

Establecimiento de redes de trabajo internacional y nacional

A través de la interacción de los integrantes del equipo técnico con otras unidades de trabajo en el país y en otros países, se estableció informalmente una instancia colaborativa y de intercambio de información. El objetivo principal de esta red se tradujo en fomentar la cooperación en la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico para la obtención de resultados científicos y tecnológicos transferibles al sistema productivo, y facilitar la modernización productiva y mejorar la calidad de vida de los productores de hortalizas en general. En el marco funcional, los participantes individuales se constituyeron en nodos interactivos independientes que contribuyeron a enriquecer la actividad del proyecto (en Anexo 3 se listan los especialistas que visitaron y colaboraron con el proyecto durante el período de ejecución).

Con la interacción de la red fue posible desarrollar trabajos de microscopía electrónica, permitiendo la caracterización morfológica de los principales virus. Con esto se documentó fotográficamente las virosis de mayor importancia. Actualmente, existen contactos con el Dr. P. Arce-Johnson para, a través de su gestión, acceder al microscopio electrónico de la Pontificia Universidad Católica, en Santiago, Chile. Esto es complementario a los trabajos aportados por el Dr. Pablo Lunello, quien hizo una serie de fotografías electrónicas de transmisión en las instalaciones del Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP) del Servicio de Diagnóstico Fitosanitario (SEDAF), España.

Nuevas iniciativas

En el marco del proyecto se desarrollaron dos nuevas iniciativas no contempladas inicialmente en la propuesta, ambas con apoyo de programas de promoción de la innovación de FIA:

- “XVI Curso Internacional Teórico Práctico sobre Detección e Identificación de Virus, Viroides y Fitoplasmas”, organizado por Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), el cual se realizó entre el 13 y el 25 de noviembre de 2006 en la ciudad de Madrid, España. Se postuló al Programa de Internacionalización de Proyectos de Innovación Agraria 2006 de FIA, siendo aprobado y ejecutado a conformidad con el contrato.
- “Consultoría en Virología Vegetal Avanzada”, propuesta a la Tercera Convocatoria de Internacionalización de Proyectos de Innovación, impulsada por FIA

► 3. Los productores hoy

El proyecto logró establecer un nexo de trabajo colaborativo a través de la asociación Agrícola del Norte S.A., sociedad anónima que agrupa a más de 400 agricultores dedicados a la producción de hortalizas en el valle de Azapa. La difusión y transferencia de los resultados del proyecto permitió a muchos de estos agricultores la incorporación de estrategias de manejo preventivo y medidas profilácticas, antes desconocida en Azapa. Hoy un porcentaje creciente de agricultores usa malla antivectores (o antiáfidos), insecticidas sistémicos e inductores de resistencia adquirida como medidas de manejo de las enfermedades virales.

Se logró también cimentar vínculos de trabajo con el sector productivo del valle de Camiña, articulados con la Sociedad Agrícola de Camiña. De esta forma, se generó una externalidad importante al proyectar la experiencia acumulada en el período de ejecución del proyecto hacia otros sistemas productivos. Hoy se trabaja en la formulación de un proyecto integral orientado a mejorar las condiciones productivas del ajo y cebolla de Camiña. El equipo técnico del proyecto concuerda plenamente en el valor intrínseco que tiene el material biológico cultivado en estos aislados valles precordilleranos, valor que se maximiza al considerar las necesidades de incorporar nuevos genes a las variedades e híbridos que requiere la agricultura moderna. Esa es, precisamente, la justificación y el argumento básico en el plan de mejoramiento que debe ser incorporado a estos deprimidos sistemas productivos.

Durante la actividad de capacitación desarrollada con los productores y productoras de ajo y cebolla de Camiña y localidades aledañas, se comprobó el interés por recibir capacitación y, asimismo, la necesidad de establecer programas sistemáticos de tecnificación de los cultivos. Ello, sin duda, requiere de un soporte administrativo ágil y dinámico. En la oportunidad se trabajó con instrumentos ópticos, mostrando la realidad microscópica que está limitando el desarrollo y el éxito comercial de los cultivos.

Por último, cabe señalar que existen otros productores que serán beneficiados de los resultados del proyecto, como por ejemplo los olivicultores del valle, que requieren en forma importante implementar programas de prevención y control de plagas y enfermedades en este importante rubro para la región.

SECCIÓN 3

El valor del proyecto precursor y aprendido

El proyecto permitió establecer la importancia de las enfermedades virales en el cultivo del tomate en la XV Región a través de técnicas serológicas y moleculares, identificando los principales agentes causales: *Tomato yellow vein streak virus* (TYVSV) y *Pepino mosaic virus* (PepMV).

Los antecedentes generados con el desarrollo del proyecto han permitido documentar información inédita para la región y el país. Un antecedente no indicado en estudios nacionales corresponde a la ocurrencia de infecciones combinadas, con la consecuente alteración de los patrones sintomáticos tradicionales. Si bien este aspecto no fue referido en la formulación general de la propuesta, reviste tal interés científico-técnico, que actualmente se están relacionando síntomas en plantas de tomate y los correspondientes agentes virales determinados.

Queda establecido un laboratorio de virología vegetal, el cual se inserta en el Laboratorio de Fitopatología de una universidad regional, que se consolida como un agente activo en la carac-



GUILLERMO FEUERHAKE

terización y evaluación de sistemas de manejo de enfermedades virales a nivel local, nacional e internacional.

Se generaron las bases del conocimiento epidemiológico que permiten impulsar estrategias de prevención y manejo de las enfermedades virales en el sistema productivo. El flujo de información desde la unidad de ejecución del proyecto hacia el sector productivo permitió incorporar estrategias de manejo preventivo y medidas profilácticas, antes desconocidas en Azapa. Hoy un porcentaje creciente de agricultores usa malla antivectores (o antiáfidos) e insecticidas sistémicos e inductores de resistencia adquirida como medidas de manejo de las enfermedades virales.

Las compañías productoras de semillas incorporaron, como una práctica común, la evaluación de híbridos y líneas mejoradas de tomate. De esta forma, cada temporada se evalúan cerca de 200 híbridos de tomate en forma independiente. Además, se establecieron capacidades técnicas específicas en la región y hoy parte del equipo técnico desarrolla actividades profesionales en otras empresas agrícolas.

Anexos

Anexo 1. Principales virus de cultivos hortícolas de la
Región de Arica y Parinacota

Anexo 2. Análisis y beneficios económicos para el
productor

Anexo 3. Especialistas que visitaron y colaboraron con
el proyecto durante el período de ejecución

Anexo 4. Literatura consultada

Anexo 5. Documentación disponible y contactos

ANEXO 1. Principales virus de cultivos hortícolas de la Región de Arica y Parinacota

Alfalfa mosaic virus (AMV) o virus del mosaico de la alfalfa

Es un virus que pertenece al grupo de los Alfalfamovirus, cuyo genoma está dividido en 4 componentes entre 30 y 60 nm de diámetro. Este virus está distribuido en todo el mundo y se transmite por el pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*) y al menos otras 13 especies de áfidos de manera no persistente. Los síntomas que este patógeno desarrolla se manifiestan principalmente en el follaje, el que muestra en general un amarillamiento bronceado debido a las áreas amarillas y púrpuras que se desarrollan en las hojas jóvenes. Las plantas infectadas detienen su crecimiento, las hojas se enroscan hacia abajo y el tallo principal muestra una coloración marrón oscura en el floema,⁹ el cual puede ser visto fácilmente si se remueve ligeramente la epidermis a la altura del suelo. Esta coloración puede extenderse hasta la punta del brote más alto. Es característica de esta enfermedad una estría marrón irregular que se presenta en la médula del tallo. Las raíces a menudo muestran la misma coloración café-rojiza. Los frutos desarrollan, interna y externamente, diferentes tipos de manchas color castaño y malformaciones; esto depende de la edad de la planta al momento de la infección.



Síntomas de *Alfalfa Mosaic Virus* en planta de papa

La enfermedad se desarrolla cuando los áfidos portadores del virus exploran o se alimentan en las plantas de tomate, siendo su incidencia mayor cerca de plantaciones viejas o cultivos permanentes de alfalfa. Durante la cosecha, los vectores alados llevan el virus desde este cultivo hacia el tomate que se encuentra en las proximidades, infectándose en un comienzo las plantas ubicadas en el borde, disminuyendo la incidencia de la virosis a la medida que aumenta la distancia desde la pradera de alfalfa. Dentro del cultivo, la infección secundaria de la enfermedad es escasa o nula. Variedades tolerantes o resistentes no existen.

Cucumber mosaic virus (CMV) o virus del mosaico del pepino

Es un virus que pertenece al grupo de los Cucumovirus, cuyo genoma está dividido en tres componentes cada uno de 29 nm de diámetro. Este patógeno se encuentra distribuido en todo el mundo y preferentemente constituye un problema de mayor importancia en producción bajo invernadero. Es transmitido por más de 60 especies de insectos, incluyendo *Myzus persicae* y *Aphis craccivora* de manera no persistente y también por semillas en numerosas plantas.

⁹ Floema: Tejido conductor vegetal encargado del transporte de nutrientes orgánicos, especialmente azúcares.

Los síntomas de esta enfermedad varían muchísimo, dependiendo de la raza del virus que intervenga y de la presencia o no de partículas subvirales (virus satélites). A menudo este causa un acortamiento de entrenudos y enanismo de la planta, dándole la apariencia de un arbusto. Las hojas pueden mostrar un moteado verde suave y, cuando es más severo, una deformación y angostamiento de la lámina del folíolo, síntoma conocido como “cordón de zapato”, donde el folíolo queda reducido a la nervadura central de la hoja. Los frutos disminuyen su tamaño y, a menudo, se deforman. Generalmente, esta enfermedad se inicia producto de los áfidos que transmiten el virus al cultivo a partir de las malezas adyacentes a este. También los operarios pueden diseminar la enfermedad de una planta enferma a una planta sana. Actualmente no existen variedades resistentes o tolerantes.



Potato virus Y (PVY) o virus Y de la papa

Es un virus que pertenece al grupo de los Potyvirus, cuyo genoma está organizado en un solo componente filamentososo flexuoso de 730 nm de largo. Este virus está distribuido en todo el mundo y es transmitido de manera no persistente por diversos áfidos, entre los que se encuentra *Myzus persicae*. En Sudamérica se han descrito dos cepas de este virus, el Yo y el Yn (necrótico). Los síntomas de este virus son mosaico intenso en hojas, deformación de estas y reducción del tamaño de la planta. Los frutos también son de menor tamaño y muchas veces deformados y con estrías. Es frecuente que las flores aborten. La cepa Yn de este virus es más severa porque, asociado a los síntomas descritos, también se presenta necrosis en tallo, hojas y a veces en frutos. El control químico de los áfidos vectores no ha sido eficiente para controlar a este virus y se debe completar mediante la eliminación de las fuentes de inóculo. Se están evaluando variedades con algún grado de tolerancia a este virus.

Tobacco mosaic virus (TMV) o virus del mosaico del tabaco y Tomato mosaic virus (ToMV) o virus del mosaico del tomate

Ambos virus pertenecen al grupo de los Tobamovirus y su similitud es superior al 85%. Su genoma está constituido por un solo componente de varilla recta de 300 nm de longitud. La distribución de estos virus es universal, infectando diversas especies de solanáceas (tomate, tabaco, pimentón, ají, entre otras). Los tobamovirus se transmiten en forma mecánica, siendo los operarios el principal vehículo de diseminación o a través de implementos de labranza. Las razas comunes de estos virus pueden producir áreas con moteado verde claro y oscuro en las hojas. Los frutos ocasionalmente pueden ser afectados. Algunas razas del TMV producen necrosis en las hojas. Las plantas infectadas generalmente muestran enanismo y acortamiento de entrenudos. En condiciones de baja temperatura, las hojas pueden representar la apariencia de un cordón de zapato (reducción de la lámina del folíolo).



Tobacco mosaic virus en hoja de tabaco

El TMV y ToMV son virus relativamente estables que pueden estar presentes en cigarrillos o en otros tabacos, por lo que los operarios fumadores transmiten fácilmente la enfermedad. Los restos de plantas infectadas que quedan en el suelo pueden infectar las plantas de nuevos cultivos a través de la raíz. Los insectos masticadores, tales como saltamontes y escarabajos, pueden transmitir el virus, pero no se los considera un agente vector importante. El TMV infecta malezas, las cuales pueden servir como fuente de infección en el campo. La semilla del tomate puede llevar

el virus en la testa, contaminándose estas al momento de la germinación y emergencia. Así, la infección verdadera ocurre cuando se ralean las plantas o durante el trasplante. En la actualidad, numerosas variedades de tomates portan genes de resistencia a estos virus.

Tomato spotted wilt virus (TSWV) o virus de la marchitez manchada o bronceado del tomate

Es un virus esférico que presenta una cubierta protectora de 120 nm de diámetro. Este virus tiene una distribución mundial y se transmite por trips de manera persistente. Los síntomas se manifiestan en toda la planta, las que se observan de menor tamaño, donde las hojas más viejas se tornan amarillas. Los frutos usualmente muestran anillos verdes, amarillos y rojos ligeramente sobresalientes y concéntricos, aunque algunas razas causan necrosis severas. El ápice de crecimiento puede morir. Las hojas generalmente muestran pequeñas manchas oscuras, más o menos circulares, alternadas con pequeñas manchas amarillas que le dan a las hojas una pequeña apariencia bronceada. Frecuentemente se pueden ver estrías brillantes a lo largo del tallo y de los pecíolos. Las malezas y plantas ornamentales infectadas con el virus son la fuente principal de inóculo de este



Tomate con *Tomato spotted wilt virus (TSWV)*

virus. Las larvas de los trips se alimentan de una planta infectada con el patógeno y cuando son adultos son llevados por el viento hasta los cultivos de tomate. La propagación dentro del cultivo es escasa. Actualmente existen variedades con resistencia a este virus.

Potato virus X (PVX) o virus X de la papa

Pertenece al grupo de los Potexvirus, con un genoma de un solo componente filamentosos flexuoso de 450 nm de longitud. Este virus es de distribución mundial y se transmite manualmente por los operarios o sus utensilios. Los síntomas que desarrolla en la planta aparecen como pequeñas manchas marrones en las hojas jóvenes, con estrías delgadas en tallos y pecíolos. Las lesiones también se pueden combinar formando grandes áreas necróticas y hojas enrolladas hacia abajo. Las lesiones en el fruto son pequeñas y sólo profundizan la epidermis, pero se pueden unir unas con otras formando grandes lesiones que le dan al fruto un aspecto aceitoso, volviéndose los frutos deformes y toscos. Asociado con TMV, el PVX desarrolla en el fruto estrías dobles. Si las plantas jóvenes que ya están infectadas con TMV se infectan luego con PVX, la enfermedad resultante es la estría doble. La severidad de los síntomas depende de la raza del virus, edad de la planta en el momento de producirse la infección y de la cantidad de luz durante el período de crecimiento. Las variedades resistentes al TMV generalmente no muestran una reacción tan severa.

Tomato ringspot virus (ToRSV) o virus de la mancha anular del tomate

Es un virus que pertenece al grupo de los Nepovirus y que se transmite por nemátodos (*Xiphinema* spp). El virus se propaga lentamente en plantaciones de tomates y requiere varios años para mostrar claros síntomas, ya que se acumula en las malezas adyacentes a la plantación. Afecta a variedades susceptibles de tomates, en las que produce anillos circulares en hojas de 2 a 5 mm de diámetro, las cuales generalmente terminan completamente necrosadas. También se ha observado deformación y defoliación de ramas. La calidad y producción de frutos se reduce considerablemente en plantas muy infectadas. Muchos síntomas producidos por este virus son semejantes a los desarrollados por *Tobacco ringspot virus*-TRSV, otro nepovirus que podría infectar tomates, pero que no se ha detectado en el país. En la región, *Xiphinema americanum sensu lato* fue determinado en Azapa.

Pepino mosaic virus (PepMV) o virus del mosaico del pepino dulce

Este Potexvirus constituye un patógeno de reciente determinación en Europa, Estados Unidos, Canadá y Chile, siendo considerado como el agente causal de una enfermedad emergente en tomate. En Chile ha sido determinada su presencia, pero no se ha establecido su incidencia en las diferentes zonas productoras de esta especie. Los síntomas que produce dependen en gran medida de las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollen las plantas (luz, temperatura y humedad). Así, individuos enfermos pueden mostrar manchas cloróticas en hojas, clorosis intervenal, deformación de folíolos y en algunos casos decoloración de frutos. En producción de semilla su determinación es fundamental, ya que constituye un requisito fitosanitario para la importación a la Comunidad Económica Europea.



Tomate afectado por *Pepino mosaic virus*

Geminivirus

Varios virus de la familia Geminiviridae se han descrito en tomate, ninguno de los cuales se ha reportado en Chile. Corresponden a virus DNA de cadena sencilla, cubiertos por proteínas de la cápside que forman una partícula geminada. Los geminivirus más probables de ingresar al país, importantes de controlar, son *Tomato yellow leafcurl virus*-TYLV (virus del enrollamiento de la hoja del tomate), conocido como virus de la cuchara, y el *Beet curly top virus*-BCTV (virus del encrespamiento de las hojas de la remolacha). Ambos han sido descritos en regiones semiáridas con riego donde se produce tomate y están presentes en Argentina. Su control para fines de exportación es fundamental. El TYLV se transmite por la mosquita blanca *Bemisia tabaci* y BCTV se transmite por el insecto *Circulifer tenellus* (no registrado en Chile). Las plantas infectadas muestran un crecimiento erecto, reducción en el tamaño y acortamiento de internudos. Las hojas se engrosan y se enrollan hacia arriba, mientras que el pecíolo se enrosca hacia abajo. Posteriormente, las hojas toman un color amarillo tenue conjuntamente con una coloración púrpura en las nervaduras de las hojas. Las raíces son destruidas, produciéndose pocos frutos y aquellos que se forman después de la infección maduran prematuramente. Los frutos afectados por la enfermedad son descoloridos, pequeños y arrugados, con apariencia seca. En la actualidad se están evaluando variedades de tomates resistentes al TYLV, no existiendo genotipos resistentes al BCTV.



Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

ANEXO 2. **Análisis y beneficios económicos para el productor**

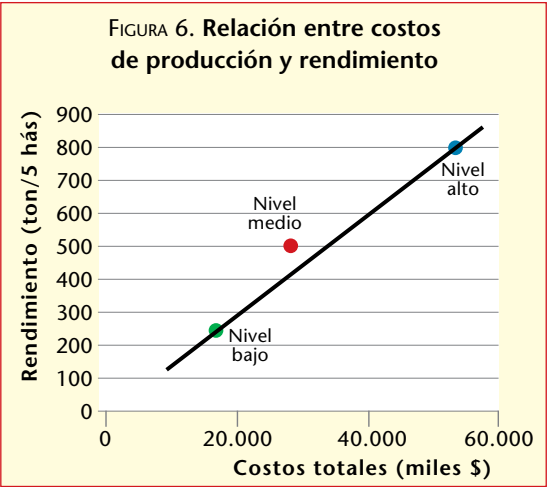
Ficha técnica del cultivo

La estructura de costos del tomate se puede definir de acuerdo al nivel tecnológico de los productores, distinguiendo tres niveles definidos en términos de los insumos que utilizan (cantidad y calidad), lo cual se refleja directamente en los niveles productivos logrados, de acuerdo a la siguiente tabla, proyectada a una superficie de cinco hectáreas.

Ítem	NIVEL TECNOLÓGICO		
	Alto	Medio	Bajo
Semilla	8.692.005	5.056.200	3.651.700
Maquinaria agrícola	318.000	318.000	318.000
Fertilizantes	5.618.000	3.370.800	2.247.200
Pesticidas	5.618.000	2.809.000	1.123.600
Mano de obra	15.730.400	6.741.600	4.494.400
Abonos orgánicos	6.741.600	3.370.800	1.685.400
Otros	5.618.000	3.932.600	1.685.400
Subtotal	48.336.005	25.599.000	15.205.700
Imprevistos 10%	4.833.600	2.559.900	1.520.570
COSTO TOTAL	53.169.605	28.158.900	16.726.270
Rendimiento (kg)	800.000	500.000	250.000

PRECIO VENTA			
Precio máximo	200	200	200
Precio mínimo	100	100	100
Ingreso máximo	160.000.000	100.000.000	50.000.000
Ingreso mínimo	80.000.000	50.000.000	25.000.000
Utilidad máxima	106.830.395	71.841.100	33.273.730
Utilidad mínima	26.830.395	21.841.100	8.273.730
Utilidad media	66.830.395	46.841.100	20.773.730

Cabe señalar que para efectos ilustrativos esta estructura de costos asume una relación prácticamente lineal (Figura 6) entre costos directos y rendimiento, lo cual es válido entre ciertos niveles de producción. En este caso, los costos y el rendimiento del nivel bajo equivalen al 31% del nivel alto. Sería esperable que, mientras más bajos sean los niveles de productividad, sea creciente el aumento marginal del rendimiento en relación al uso de insumos.



A continuación se listan los supuestos considerados en cada ítem, que definen los costos operacionales y de insumos por nivel tecnológico.

Ítem	NIVEL TECNOLÓGICO		
	Alto	Medio	Bajo
Semilla	Utiliza sólo semilla híbrida	Usa un 41,8% menos de semilla híbrida que el nivel tecnológico alto.	Usa un 52% menos de semilla híbrida que el nivel tecnológico alto.
Maquinaria agrícola	318.000	318.000	318.000
Fertilizantes	Usa fertilizantes sintéticos y solubles en alta dosis, aplicados en fertirrigación.	Usa fertilizantes sintéticos y solubles en dosis medias. Las aplicaciones dependen de la respuesta financiera del cultivo.	Usa fertilizantes sintéticos y solubles en forma irregular. Muy sensible a la respuesta financiera del cultivo. Ante bajas en el precio, detiene la fertilización.
Pesticidas	Usa pesticidas sistemáticamente y recurre a técnicas MIP, aplicados por personal capacitado.	Usa pesticidas recomendados por los agentes de venta presentes en el medio, aplicados por personal no capacitado.	Usa pesticidas recomendados por los agentes de venta presentes en el medio, aplicados por personal no capacitado.
Mano de obra	Trabaja con personal permanente, capacitado y con incentivos en función del rendimiento. Paga asesoría técnica.	Trabaja con personal permanente-familiar, poco capacitado. Recurre a personal ocasional. No paga asesoría técnica.	Trabaja con personal familiar y ocasional, poca capacitación. No paga asesoría técnica.
Abonos orgánicos	Incorpora enmiendas orgánicas estabilizadas y de calidad, sistemáticamente.	Usa enmiendas orgánicas no estabilizadas.	Usa enmiendas orgánicas no estabilizadas.
Otros	Evalúa híbridos, agro-químicos y otros insumos a costo propio.	Evalúa insumos esporádicamente	No evalúa insumos
	Usa sistemas de protección en base a invernaderos y malla antivectores.	Usa sistemas de protección en base a invernaderos y malla antivectores.	No usa sistemas de invernaderos, ni malla antivectores.
Rendimiento promedio	160 toneladas en 12 meses de cultivo con 20 a 22 racimos a cosecha y manteniendo calibre primera en más del 90% de la producción.	100 toneladas en 9 meses de cultivo con 9 a 10 racimos a cosecha. Pérdida de calibre en fruta terminal.	50 toneladas en 8 a 9 meses de cultivo con 8 a 9 racimos a cosecha. Pérdida de calibre en fruta terminal.
VENTA			
Precio	Precios promedio de las últimas 3 temporadas		
Ingresos	Negocio integrado en términos horizontales, cuentan con sistema de transporte y venta en Santiago.	Comercializa a poderes compradores locales y venta directa en terminal agrícola regional, trabaja con intermediarios.	Comercializa directamente en terminal agrícola regional, vende a intermediarios.

Proyección situación con proyecto (5 hectáreas)

Se homologa al nivel tecnológico ALTO

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Producción (kg)		800.000	800.000	800.000	800.000	800.000
Precio (\$)		150	150	150	150	150
Total Ingresos		120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000
Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Semilla		8.692.005	8.692.005	8.692.005	8.692.005	8.692.005
Maquinaria agrícola		318.000	318.000	318.000	318.000	318.000
Fertilizantes		5.618.000	5.618.000	5.618.000	5.618.000	5.618.000
Pesticidas		5.618.000	5.618.000	5.618.000	5.618.000	5.618.000
Mano de obra		15.730.400	15.730.400	15.730.400	15.730.400	15.730.400
Abonos orgánicos		6.741.600	6.741.600	6.741.600	6.741.600	6.741.600
Otros		5.618.000	5.618.000	5.618.000	5.618.000	5.618.000
Sub Total		48.336.005	48.336.005	48.336.005	48.336.005	48.336.005
Imprevistos (10% costos)		4.833.600	4.833.600	4.833.600	4.833.600	4.833.600
Total Costos		53.169.605	53.169.605	53.169.605	53.169.605	53.169.605
Inversiones	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Infraestructura y malla antivectores		80.000.000	15.000.000	15.000.000	2.000.000	2.000.000
Total Inversiones		80.000.000	15.000.000	15.000.000	2.000.000	2.000.000
Margen Bruto	-	13.169.605	51.830.395	51.830.395	64.830.395	64.830.395
IMPUESTOS (17%)			8.811.167	8.811.167	11.021.167	11.021.167
Margen después de impuesto	-	13.169.605	43.019.228	43.019.228	53.809.228	53.809.228
Flujo de caja neto	-	13.169.605	43.019.228	43.019.228	53.809.228	53.809.228

Fuente: Elaborado por autores en base a Proyecto precursor

Proyección situación sin proyecto (5 hectáreas)

Se homologa al nivel tecnológico BAJO

Ítem	AÑOS DE LA PROYECCIÓN				
	1	2	3	4	5
Ingresos Totales	37.500.000	37.500.000	37.500.000	37.500.000	37.500.000
Inversiones	-5.000.000	-5.000.000	-5.000.000	-500.000	-500.000
Costos Totales	-16.726.270	-16.726.270	-16.726.270	-16.726.270	-16.726.270
Utilidad antes de Impuestos	15.773.730	15.773.730	15.773.730	20.273.730	20.273.730
Impuesto a la Renta (17%)	-2.681.534	-2.681.534	-2.681.534	-3.446.534	-3.446.534
UTILIDAD NETA	13.092.196	13.092.196	13.092.196	16.827.196	16.827.196

Fuente: Elaborado por autores en base a Proyecto precursor

VAN (12%)	74.142.238
TIR	113%

En la situación con proyecto se considera una inversión concreta de \$80.000.000 (ochenta millones de pesos) en infraestructura y malla antivectores. Por tal motivo, los productores que realizan la inversión pueden proyectar rendimientos superiores y que corresponden a rendimientos límite para la realidad nacional. Esto se traduce en indicadores financieros (TIR y VAN) excepcionales.

Por otro lado, la situación sin proyecto no considera la estrategia de aislamiento físico y, por tanto, es una situación de cultivos expuestos a la acción de insectos vectores y otras fuentes de infección, lo que se traduce en pérdidas significativas en el rendimiento. Además, esta situación tiene otros elementos que atentan a la mejora de la eficiencia de los cultivos, tales como uso de semilla deficiente, manejo de fertilizantes defectuosa y muchas veces mal orientada por sugerencias entregadas por vendedores de insumos y otros agentes poco idóneos.

Dado que se trata de una evaluación económica de referencia, no se utilizó el valor de la tierra, ya sea como inversión o costo alternativo.

ANEXO 3. **Especialistas que visitaron y colaboraron con el proyecto durante el período de ejecución**

Especialista	Institución, País
Pablo Lunello	INIA Madrid, España
Claudio Sandoval Briones	Universidad de Talca, Chile
Paulina Sepúlveda Briones	INIA La Platina, Chile
Marlene Rosales Villavicencio	INIA La Platina, Chile
Judith Brown	Arizona State University, EE.UU.
Giovanna Plata	PROINPA, Bolivia
Anniek Schilder	Michigan State University, EE.UU.
David Cohen	Embajador de Israel en Chile, Israel
Marco Muñoz	SAG, Chile
Francisco Morales	Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Director Programa MIP Mosca Blanca Tropical, Colombia
Julio Muro Erreguerena	Universidad Pública de Navarra, España
Miguel Urresturazu	Universidad de Almería, España
Luis RíosCofré	Semillas Latinoamericanas
Tomas Stevenson	Pioneer S.A.
Guillermo Fresneda	Impulsores Internacionales, Colombia
German Sánchez	CORPOICA, Colombia
Señores Yoshiro Obatake, Félix Blu y Celso Netto	Production Administrative Manager, Production Manager y Gerente General de la Empresa Sakata Seed Chile S.A., respectivamente
William Dolezal	Research Fellow de la empresa Pioneer S.A.
J. C. Magunacelaya	ONTA (Organización de Nematólogos del Trópico Americano)

ANEXO 4. **Literatura consultada**

- Doussoulin, Eugenio. 1991. Producción Hortícola de la Primera Región. El Campesino pp. 17-25, Octubre.
- Eguillor, P. 2010. Situación del tomate para consumo fresco. ODEPA. [en línea]. <http://www.odepa.gov.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2260.pdf>, Visto en julio 2011.
- Escaff G., M. 2006. Variedades de tomate para procesamiento: comportamiento agronómico e industrial en Chile. En: Seminario Internacional "Producción de tomate para procesamiento". [en línea]. <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33525.pdf>. Visto en julio 2011
- INE. 2008. Cifras VII Censo Agropecuario y Forestal 2007. [en línea]. <http://icet.odepa.cl/>
- INE. 2010. Información Hortícola, Publicación especial 2008-2009. [en línea]. http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/01_07_10/horticola_08_09.pdf. Visto en julio 2011
- INE-ODEPA. 2010. El choclo la hortaliza más cultivada de Chile. Enfoque estadístico. Julio 2010. [en línea]. http://www.ine.cl/filenews/files/2010/julio/pdf/hortofruticula_web_19-07-10.pdf. Visto en julio 2011
- ODEPA. 2011. Boletín de frutas y hortalizas en Terminales de Santiago. [en línea]. http://www.odepa.gob.cl/servlet/sistemas.noticias_mercado.boletin.ServletBoletinScrjsessionid=F69ABBC08FC56DB19F57AEB049AD3FA?menu=precios&item=terminales&terminal=frutas Visto en julio 2011
- Rick, C., Laterrot, J. and Philouze, J. 1992. A revised key for the *Lycopersicon* species. ReportTomato-Genet .Coop. 40, 31.

ANEXO 5. **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