



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Manejo integrado de plagas en invernaderos hortícolas

HORTALIZAS Y TUBÉRCULOS – HORTALIZAS DE FRUTOS



Proyecto de innovación en
Región de Valparaíso





1 5 2



RESULTADOS Y LECCIONES EN

Manejo integrado de plagas en invernaderos hortícolas



Proyecto de innovación en
Región de Valparaíso

Valorización a diciembre de 2021



Agradecimientos

En la realización de este trabajo agradecemos la colaboración, información y buena disposición de Dennis Navea O., biólogo, representante legal de la empresa ControlBest y coordinador del proyecto precursor.

Resultados y lecciones en
Manejo integrado de plagas en invernaderos hortícolas
Proyecto de innovación en Región de Valparaíso

Serie **Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario**
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Santiago de Chile, diciembre 2021

Registro de Propiedad Intelectual N° 2022-A-4600

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Marcela Salinas Ballevena, ingeniera agrónoma y consultora.

Consuelo Anguita Salinas, magister en biotecnología.

Sebastián Cartes Salinas, ingeniero comercial.

REVISIÓN Y EDICIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Gabriela Casanova, ingeniera agrónoma, Fundación para la Innovación Agraria

FOTOGRAFÍAS

Archivos de FIA, Guillermo Feuerhake, proyecto precursor y empresa ejecutora

DISEÑO GRÁFICO Y EDICIÓN DE TEXTOS

Guillermo Feuerhake

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

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) es la agencia del Ministerio de Agricultura orientada a promover la cultura de la innovación en el sector silvoagroalimentario nacional. Para ello, la Fundación apoya con incentivos financieros, información, capacitación y redes para innovar.

Fundamental para que los productores puedan innovar es contar con información relevante para tomar decisiones que les permitan acercarse de manera plausible al éxito de las iniciativas que realicen. Por su parte, los proyectos e iniciativas que se desarrollan bajo el alero de FIA generan resultados que representan un gran caudal de valioso conocimiento para el sector silvoagroalimentario nacional e internacional. Como toda innovación, conlleva un riesgo, y tanto los resultados promisorios como aquellos de proyectos que no lograron alcanzar los objetivos esperados son puestos en valor por FIA, ya que ambos constituyen aprendizajes relevantes.

FIA desarrolló una metodología de valorización de resultados orientada a analizar la validez y potencial de aplicación de las experiencias, lecciones aprendidas y resultados de los proyectos al momento de su cierre. Es una metodología cercana a la de un estudio de viabilidad, compuesta de distintos análisis en los ámbitos comerciales, técnicos, de gestión, legal y/o financieros, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

En este marco, el presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto **“Nueva tecnología para la implementación costo-efectiva del manejo integrado de plagas en invernaderos hortícolas en Chile”**. Este tuvo como objetivo desarrollar un paquete tecnológico para el manejo de plagas en hortalizas cultivadas bajo invernadero, mediante el uso de enemigos naturales.

Espero que la información contenida en este documento sirva como aprendizaje y se transforme en un insumo provechoso, especialmente para productores y empresas que buscan incorporar nuevas tecnologías en el manejo sanitario de sus explotaciones para la obtención de productos inocuos con un menor costo de producción.

Álvaro Eyzaguirre
Director Ejecutivo FIA

Contenidos

Presentación	5
Introducción	9

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	11
1. Antecedentes	11
1.1. Cultivo de hortalizas en Chile	13
1.2. Mosca blanca de los invernaderos en Chile	17
1.3. Manejo integrado de plagas	18
1.4. Perspectivas de mercado del tomate fresco	20
2. Innovación y base conceptual de la tecnología	24
3. El valor de la herramienta desarrollada	27
4. Conveniencia económica para el productor	28
5. Claves de la viabilidad	30
6. Asuntos por resolver	31

Sección 2. El proyecto precursor	33
1. El entorno económico y social	33
2. El proyecto precursor	38
2.1. Características generales	38
2.2. Validación de la tecnología	41
2.3. Otros aspectos relevantes	48
3. El proyecto hoy	49

Sección 3. El valor del proyecto	51
-----------------------------------------------	----

Sección 4. Anexos	
1. Productos químicos registrados en Chile para control de mosca blanca de los invernaderos	55
2. Bibliografía	56
3. Entrevistas realizadas	58



Introducción

La presente publicación pone en valor los resultados del proyecto “Nueva tecnología para la implementación costo-efectiva del manejo integrado de plagas en invernaderos hortícolas en Chile”, cofinanciado por FIA y ejecutado por ControlBest Ltda. en la Región de Valparaíso, entre abril de 2016 y marzo de 2019. Además, contó con la participación de BioCruz S.A. y el Centro de Entomología Aplicada Ltda. (Biocea) como empresas asociadas, con vasta experiencia en sus áreas de especialización.

El objetivo general del proyecto fue desarrollar un paquete tecnológico orientado principalmente al control de la mosquita blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) en cultivo de tomate, considerando la importancia de este cultivo dentro de las hortalizas.

El presente documento está estructurado en tres secciones principales. La primera de ellas, “**Resultados y lecciones aprendidas**”, tiene como finalidad proveer una visión sistematizada del nuevo servicio o herramienta tecnológica que derivó de los resultados y aprendizajes generados en el proyecto ejecutado. En su desarrollo, esta visión contiene los elementos que permiten a los productores interesados apreciar si la opción responde a sus necesidades y permite mejorar o hacer más eficientes sus procesos productivos y de gestión.

La segunda sección consiste en la descripción del “**Proyecto precursor**”,¹ donde se ilustran las experiencias que condujeron a la validación y sistematización de la herramienta tecnológica evaluada, como forma de exponer el entorno, metodologías y aplicaciones prácticas que le dieron origen.

Finalmente, considerando el análisis realizado en la primera y segunda sección del documento, en una tercera denominada “**Valor del proyecto**” se resumen los aspectos más relevantes y determinantes del aprendizaje para la viabilidad futura de la innovación realizada.

Se espera que esta información, sistematizada en la forma de una “**innovación aprendida**”,² aporte a los interesados elementos clave respecto de los beneficios del uso o incorporación de nuevos servicios y herramientas tecnológicas desarrolladas.

¹ “**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 permite configurar la innovación aprendida que se da a conocer en el presente documento. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.

² “**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.

Resultados y lecciones aprendidas

► 1. Antecedentes

El control de plagas en cultivos de hortalizas bajo invernadero, particularmente de la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), ha dependido históricamente del uso de productos químicos. Sin embargo, esta alternativa de control es cada vez menos eficiente desde el punto de vista económico, debido al desarrollo de resistencia por parte de las plagas y a la baja tasa de desarrollo de nuevas moléculas activas, lo que ha llevado a los productores a aplicar programas de manejo preventivo con aplicaciones más frecuentes y dosis crecientes que encarecen el proceso productivo.

Liberación y recuento de pupas de *Encarsia formosa* en tomate invierno/primavera. Fuente: proyecto precursor.





Por otra parte, los temas de inocuidad alimentaria, salud de las personas y preocupación por el ambiente adquieren cada vez más fuerza en el mundo, lo que exige a la producción de alimentos no solo cumplir con parámetros de calidad y estética, sino ofrecer productos libres de residuos y producidos bajo normas que respetan el medio ambiente, aspectos que forman parte de los protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas. El mercado nacional ha ido adoptando esta tendencia, en términos de exigir que se garantice que los residuos de plaguicidas presentes en frutas y hortalizas se encuentren dentro de los límites permitidos.

En este sentido, la producción nacional de hortalizas ha tomado como referente, entre algunos modelos, el caso de Almería, en España, en cuanto al uso de tecnologías y técnicas agronómicas, existiendo un importante intercambio de conocimientos y especialistas, con especial influencia en las zonas de Quillota y Arica. No obstante lo cual, en lo que respecta al control de plagas, este intercambio no se ha traducido en una transferencia efectiva.

Con base en lo anterior y considerando que el tomate para consumo fresco es la principal hortaliza cultivada en invernadero en el país, el proyecto precursor se orientó a desarrollar un paquete tecnológico de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para control de la mosquita blanca, principal plaga de este cultivo, que basado en su relación costo-eficiencia permita implementar esta modalidad de control en forma estable, junto con potenciar el mercado de enemigos naturales que se requiere para sustentarlo.

1.1. Cultivo de hortalizas en Chile

De acuerdo a la información de la Encuesta de Superficie Hortícola realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) la superficie hortícola en Chile, para el año 2020, se estimó en 80.392 hectáreas, lo que significó un aumento de un 4,9% respecto del año anterior. Al analizar la superficie hortícola del país durante los últimos 5 años, se observa que la principal especie cultivada corresponde al choclo, cuya superficie se ha mantenido relativamente estable entre las 9.200 y 10.100 hectáreas. La segunda especie en importancia es la lechuga, con una superficie al año 2020 de 7.886 hectáreas, mostrando un aumento de un 22,5% respecto del año 2019. El tomate fresco ocupa el tercer lugar, con una superficie el año 2020 de 5.297 ha, que significó una leve disminución respecto de 2019, siendo superada en superficie por la cebolla de guarda.

En el Cuadro 1 se muestra la superficie de las 15 hortalizas más cultivadas en Chile, las que el año 2020 representaron un poco más del 75% de la superficie total con hortalizas en el país. Se observa que la especie que mostró el mayor aumento porcentual en el último año corresponde a la lechuga (21,8%), seguida por el haba (15,4%) y brócoli (9,5%); mientras que las hortalizas cuya superficie mostró la mayor disminución fueron la zanahoria (-8,1%), el espárrago (-4,3%) y la cebolla temprana (-2,4%)

Cuadro 1. Superficie hortícola en Chile (ha), periodo 2015 - 2020

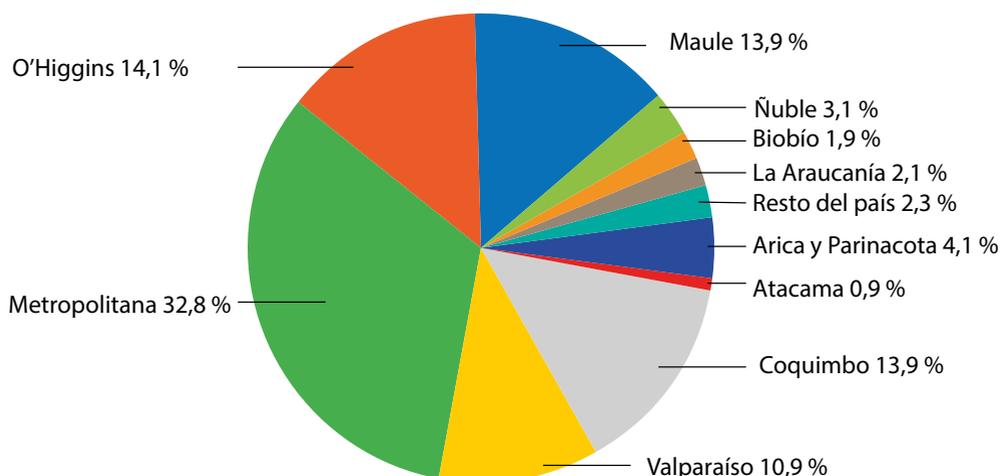
Especie	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Participación año 2020 (%)	Variación 2020/2019 (%)
Choclo	9.209	10.009	9.541	9.899	10.151	10.115	12,6%	-0,4%
Lechuga	6.272	6.237	6.519	7.136	6.476	7.886	9,8%	21,8%
Tomate consumo fresco	4.955	4.936	5.269	5.294	5.328	5.297	6,6%	-0,6%
Cebolla de guarda	4.134	4.689	4.474	4.907	5.053	5.401	6,7%	6,9%
Poroto granado	3.121	3.533	3.539	3.633	3.893	3.977	4,9%	2,2%
Zapallo temprano y de guarda	3.605	3.954	3.552	3.853	3.487	3.950	4,9%	13,3%
Zanahoria	3.201	3.194	3.490	3.627	3.952	3.631	4,5%	-8,1%
Melón	2.949	3.279	2.694	3.142	3.091	3.296	4,1%	6,6%
Sandía	2.404	2.613	2.712	2.965	2.918	2.962	3,7%	1,5%
Cebolla temprana	2.375	2.552	2.851	2.755	2.866	2.797	3,5%	-2,4%
Poroto verde	2.277	2.475	2.672	2.713	2.632	2.612	3,2%	-0,8%
Repollo	1.598	1.719	2.030	2.217	2.261	2.371	2,9%	4,9%
Haba	1.456	1.738	1.842	2.069	1.869	2.157	2,7%	15,4%
Brócoli	1.046	1.111	1.521	1.892	1.912	2.093	2,6%	9,5%
Espárrago	1.907	1.957	1.766	1.921	2.102	2.011	2,5%	-4,3%
Otras hortalizas	13.266	15.847	16.235	19.198	19.252	19.836	24,7%	3,0%
TOTAL	63.775	69.843	70.707	77.221	77.243	80.392	100,0%	4,1%

Fuente: INE Encuesta de Superficie Hortícola 2020.

El aumento o disminución de superficie de hortalizas obedece al dinamismo propio que ofrece la producción de estos cultivos, donde por lo general los grandes productores están especializados y producen bajo contrato ciertas especies, mientras que los medianos y pequeños adaptan sus superficies año a año, de acuerdo, entre otros factores, con los precios de la temporada anterior, con la demanda relativa, y con las condiciones que se presenten de clima y suministro de agua de riego, que en los últimos años las convierten en uno de los factores más importantes al momento de la decisión de siembra o plantación.³

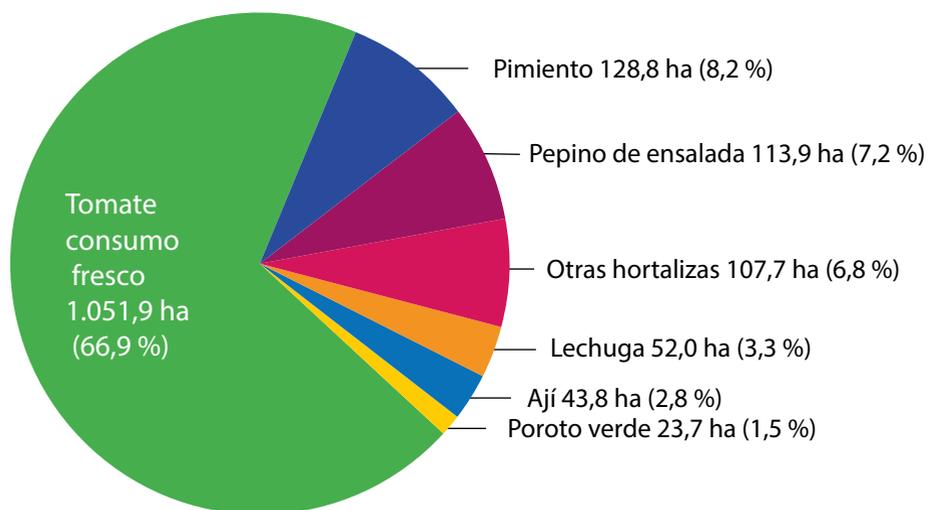
La producción de hortalizas en Chile se concentra entre las regiones de Coquimbo y del Maule, siendo la Región Metropolitana el principal centro productor, con un 32,8% de la superficie hortícola del país, subiendo por tercer año consecutivo su participación. Le sigue la Región de O'Higgins, con 14,1% de la superficie hortícola, desplazando a un tercer lugar a las regiones del Maule y de Coquimbo, que representan cada una el 13,9% de la superficie hortícola nacional.

³ ODEPA: Boletín de Hortalizas, junio 2021.

Figura 1. Distribución superficie de hortalizas por Región (%), año 2020

Fuente: elaboración propia con base en información del Boletín de Hortalizas Junio 2021. ODEPA.

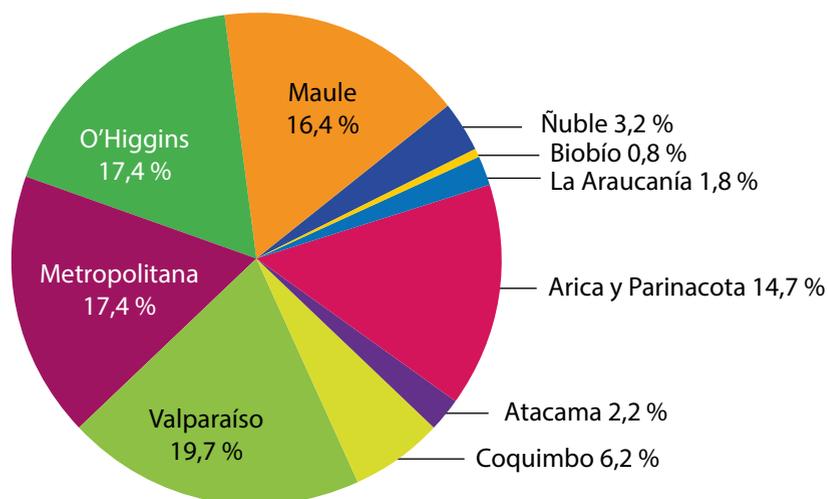
En lo que respecta al cultivo de hortalizas bajo invernadero, de acuerdo con la información disponible (Censo Agropecuario 2007), el tomate corresponde a la principal especie cultivada bajo estas condiciones, con una superficie ese año de 1.052 ha, equivalente al 66,9% del total de la superficie de hortalizas bajo invernadero, seguido por pimiento (8,2%) y pepino de ensalada (7,2%).

Figura 2. Distribución superficie hortícola de principales especies cultivadas en invernadero, año 2007

Fuente: elaboración propia con base en información del Censo Agropecuario 2007, INE.

En Chile, el tomate para consumo fresco se cultiva principalmente desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Maule. El año 2020, esta zona representó el 71% de la superficie total cultivada en el país, siendo la Región de Valparaíso el principal centro productor (Figura 3).

Figura 3. Distribución superficie tomate consumo fresco por región (%), año 2020



Fuente: elaboración propia con base en información de la Encuesta de Superficie Hortícola 2020 (INE).

En el Cuadro 2 se muestra la superficie cultivada de tomate para consumo fresco por región del país, en la última década. Se observa que la superficie cultivada en la Región de Valparaíso es la que muestra el mayor crecimiento en los últimos 10 años, con un aumento sostenido de la superficie que alcanzó a un 58,4% en todo el periodo, seguida por la Región Coquimbo, que mostró un aumento de un 20,7%. En el caso de la Región de Ñuble, la variación estimada está referida al año 2018.

Cuadro 2. Superficie cultivo tomate fresco por región (ha), 2010 - 2020

Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Variación 2010/2020
Arica y Parinacota	715	685	821	594	688	750	672	887	835	800	778	8,7%
Atacama	185	244	136	137	141	121	102	109	109	113	118	-36,1%
Coquimbo	271	324	379	281	296	293	276	303	346	390	327	20,9%
Valparaíso	659	588	966	716	876	857	911	901	1.003	1.020	1.044	58,5%
Metropolitana	1.187	847	867	869	756	795	767	840	817	862	922	-22,4%
O'Higgins	795	944	788	1.018	973	954	1.007	973	875	938	921	15,8%
Maule	776	852	1.010	892	869	812	847	869	947	839	870	12,1%
Ñuble	403								192	187	171	-10,8%
Biobío		246	323	309	327	266	251	250	50	53	44	-89,0%
La Araucanía				87	107	100	97	131	114	119	95	8,6%
Resto país	173	173	173	7	7	7	7	7	7	7	7	-96%
TOTAL	5.165	4.902	5.463	4.908	5.038	4.955	4.936	5.269	5.294	5.328	5.297	2,6%

Fuente: elaboración propia con base en información del Boletín de Hortalizas, diciembre 2020 (ODEPA) y Encuesta de Superficie Hortícola 2020 (INE).

1.2. Mosca blanca de los invernaderos en Chile

En las últimas décadas, la denominada mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) se ha convertido en una plaga clave del tomate, registrándose su presencia en cultivos hortícolas de todo el mundo. Sus estados adultos e inmaduros se alimentan de la savia de la planta, provocando un daño directo a través de su aparato bucal picador-chupador, succionando carbohidratos y otros nutrientes necesarios para los diversos procesos fisiológicos de las plantas. Además, la mosca blanca de los invernaderos produce y excreta abundante mielecilla, provocando un daño indirecto por el manchado de frutos, en desmedro de su calidad; además, la mielecilla excretada cubre la superficie de hojas y tallos, proporcionando condiciones ideales para el crecimiento del complejo de hongos denominado fumagina, que disminuye la capacidad fotosintética de las hojas. Otro daño indirecto provocado por la mosca blanca de los invernaderos es la transmisión de diversos virus, afectando de manera importante los rendimientos del cultivo y la calidad de los frutos.⁴



Trialeurodes vaporariorum, pupa. Fuente: Archivo Entomológico SAG.

En Chile, la mosca blanca de los invernaderos se distribuye entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de los Lagos, siendo una plaga clave en invernaderos de tomate y cultivos de cucurbitáceas en las comunas de Quillota y Limache (Región de Valparaíso). Probablemente esta sea la plaga de mayor importancia en los últimos 20 años en el cultivo de tomate bajo invernadero, aumentando a partir de finales de la década de 1970, posiblemente debido al desarrollo gradual de la resistencia a insecticidas.⁵

⁴ Informe técnico 2, proyecto precursor. Anexo 2. "Diagnóstico Línea de Base actual de experiencia en trabajos y estudios existentes en mosca blanca". Septiembre 2016.

⁵ RIPA, R. "Biological control in greenhouse pests in Chile". Proceedings of the 4th International Symposium on Biological Control of Arthropods, p.129, 2013.

El principal método de control de esta plaga en cultivos intensivos bajo invernadero es el control químico. Sin embargo, en la actualidad se siguen utilizando productos químicos obsoletos, que registran resistencia por parte de la mosquita blanca. Algunos de estos productos son organofosforados, como metamidofos (Tamaron, Monitor), malathion (Malathion), monocrotofos (Azodrin) y dimetoato; algunos carbamatos, como carbofuran y carbosulfan, y piretroides, como cipermetrina y cialotrina (Karate). Estudios indicarían que la mosca blanca de los invernaderos presenta dentro de su genética una gran batería de detoxificación, haciendo que el control químico sea inviable a mediano y largo plazo, requiriéndose un desarrollo continuo y planes de rotación de productos químicos para su control, junto con el uso racional de pesticidas.⁶ En el Anexo 1 se muestran los productos químicos registrados y utilizados en Chile.

Los principales enemigos naturales de la mosca blanca de los invernaderos son parasitoides (microhimenópteros pertenecientes a las familias Aphelinidae, Eulophidae, Platygasteridae y Encyrtidae), depredadores (pertenecientes a los órdenes Coleoptera, Díptera, Neuroptera y Thysanoptera, y ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae) y hongos entomopatógenos. Entre ellos, el parasitoide *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) es ampliamente utilizado para el control de mosquita blanca en cultivos comerciales de tomate, melón, berenjena y frutilla, entre otros. De acuerdo a la literatura revisada en el diagnóstico realizado en el proyecto precursor, es posible lograr un porcentaje de parasitismo del 70% sobre ninfas de tercer estadio (o instar), al liberar 6 microavispa/planta, tres veces por semana en plantas infestadas con hasta 45 ninfas/planta; por otro lado, la especie *Eretmocerus warrae*, originaria de Australia, muestra preferencia por alimentarse y parasitar ninfas de segundo y tercer estadio de *T. vaporariorum*.

1.3. Manejo Integrado de Plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una estrategia que se emplea, tanto en hortalizas como en frutales, con el fin de reducir el uso de plaguicidas. Se define como una “Estrategia económicamente viable en la que se combinan varios métodos de control para reducir el nivel de las plagas a niveles tolerables, minimizando los efectos adversos en el ambiente”.⁷ También se puede entender como un grupo de técnicas de control biológico, químico, físico, cultural, químico y genético, compatibles entre sí, cuyo objetivo principal es reducir el daño económico en un determinado cultivo.

El MIP se basa en el conocimiento de las interrelaciones que ocurren entre plantas, plagas, enemigos naturales y ambiente. Una de sus principales ventajas es la flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones de cada cultivo, lo que adquiere relevancia considerando que

⁶ Informe técnico 2, proyecto precursor. Anexo 2, op. cit.

⁷ RIPA, R.; LARRAL, P. “Manejo Integrado de Plagas Cuarentenarias en Paltos y Cítricos”. Presentación Centro de Entomología Aplicada. Disponible en: http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2010/03_mon_y_c_palt_citricos/descargas/2_Pilar_Larral_Renato_Ripa.pdf

el clima, suelo, condiciones de la plantación, variedad (en el caso de frutales), riego y aplicación de plaguicidas, entre otros, configuran un ambiente particular. Por lo mismo, exige una mayor capacitación en aspectos tales como: reconocer las plagas y enemigos naturales; entender su biología y comportamiento; desarrollar técnicas de monitoreo; incorporar el concepto de umbral de daño económico; y aplicar medidas de prevención en las decisiones de manejo.

Los principales objetivos del MIP son:

- Minimizar el daño de las plagas en la producción, mejorando su calidad.
- Disminuir el uso de plaguicidas y su impacto negativo sobre la salud de las personas y el ambiente, contribuyendo a lograr una producción de alimentos sustentable.
- Mantener la rentabilidad del cultivo.

Para implementarlo es importante considerar los siguientes aspectos:⁸

- Conocimiento acerca de las plagas clave o primarias que se pueden presentar en el cultivo, su ciclo de vida y su interacción con el medio ambiente.
- Conocimiento acerca de técnicas de monitoreo (requerimiento y registros), aspecto clave para realizar un seguimiento de la plaga.
- Conocimiento de cuáles son los umbrales de daño económico.
- Conocimiento de la fenología o estados de desarrollo de la planta y susceptibilidad de estos a las plagas.
- Registro de la información generada a través del monitoreo, para la toma de decisiones de control a seguir.
- Evaluar la eficacia de las medidas de control aplicadas.

Una actividad clave en el éxito del MIP es el monitoreo. Este debiera estar orientado a detectar cambios importantes en la densidad, estado y distribución, tanto de la plaga como de sus enemigos naturales, mediante registros periódicos que permitan evaluar el efecto de los pesticidas aplicados y otras medidas de control adoptadas, con el fin de apoyar la toma de decisiones y el cumplimiento de normas de Buenas Prácticas Agrícolas (trazabilidad).

⁸ ChileAgrícola. *Manejo Integrado de Plagas*. <https://www.chileagricola.cl/manejo-integrado-de-plagas/>



1.4. Perspectivas de mercado del tomate fresco

El cultivo de tomate es una de las especies hortícolas de mayor dinamismo a nivel mundial, debido a que por su hábito de crecimiento, determinado o indeterminado, puede ser cultivado de diversas formas e incluso permite planificar su cosecha según el objetivo de la producción, pudiendo encontrarse cultivos destinados a procesos industriales o a consumo fresco. Este último presenta mayor diversificación, ya que puede cultivarse en una variada gama de condiciones durante todo el año, siempre que se tenga en consideración que tanto las heladas como el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo, especialmente en cultivos al aire libre.

Por lo mismo, y con el fin de mantener una oferta durante todo el año con altas producciones, ha ido cobrando mayor importancia la adopción de nuevas tecnologías como el cultivo bajo plástico o malla antiáfido, acompañado del uso de portainjertos según requerimiento (tolerancia a sales, nemátodos, gran vigor, internudos cortos, entre otros), que permita además ajustar la fecha de siembra según las ventanas de oferta que se presenten.

A nivel nacional, si bien el cultivo de tomate en la última década ha mostrado una alta rentabilidad que favoreció su desarrollo e incorporación de tecnología, en la actualidad los altos volúmenes de comercialización, especialmente por la introducción del cultivo en invernaderos para consumo fresco, han llevado a este rubro a un nivel altamente competitivo, forzando a los agricultores a ser más eficientes en su proceso productivo y a explorar mercados externos.

El principal destino de la producción de tomate fresco es el mercado interno. En el siguiente cuadro se muestra el volumen de tomate fresco (en kilos) comercializado a nivel de mercados mayoristas por región,⁹ durante los últimos 3 años. La Región Metropolitana constituye el principal centro de comercialización, con más del 50% del volumen transado el año 2020, a nivel de mercados mayoristas en el país.

⁹ Considera los mercados: Agrícola del Norte S.A. de Arica; Terminal La Palmera, de La Serena; Comercializadora del Agro, de Limarí; Femacal, de La Calera; Mapocho venta directa, de Santiago; Mercado Mayorista Lo Valledor, de Santiago; Vega Central Mapocho, de Santiago; Macroferia Regional de Talca; Terminal Hortofrutícola Agro Chillán; Vega Monumental, Concepción; Vega Modelo de Temuco; y Feria Lagunitas, de Puerto Montt.

Cuadro 3. Volumen comercializado en mercados mayoristas por región, año 2020 (kg)

Centro de consumo (Mercados mayoristas)	2018	2019	2020	Particip. 2020
Arica y Parinacota	7.254.840	6.111.924	4.449.860	3,7%
Coquimbo	4.257.960	4.863.800	15.670.584	12,9%
Valparaíso	3.285.830	4.076.604	3.238.484	2,7%
Metropolitana	70.485.010	64.154.525	62.979.026	51,9%
Maule	17.047.140	13.729.260	11.703.000	9,6%
Ñuble	1.003.431	1.719.211	1.206.325	1,0%
Biobío	3.583.530	3.426.020	3.147.368	2,6%
La Araucanía	11.721.535	13.496.970	15.790.792	13,0%
Los Lagos	2.100.990	2.474.134	3.108.756	2,6%
TOTAL	120.740.266	114.052.448	121.294.195	100%

Fuente: elaboración propia con base en información de Series históricas de precios y volúmenes de frutas y hortalizas, ODEPA.

De acuerdo con la información disponible en ODEPA,¹⁰ la principal región abastecedora de tomate fresco a los mercados mayoristas del país es la Región de Arica y Parinacota, que el año 2020 aportó el 40 % del volumen comercializado, seguida por la Región de Valparaíso (22,6 %). No obstante, en los últimos tres años la participación de esta última región ha ido aumentando y desplazando aquella proveniente de Arica.

Cuadro 4. Tomate fresco comercializado en mercados mayoristas del país por región de procedencia, año 2020 (kg)

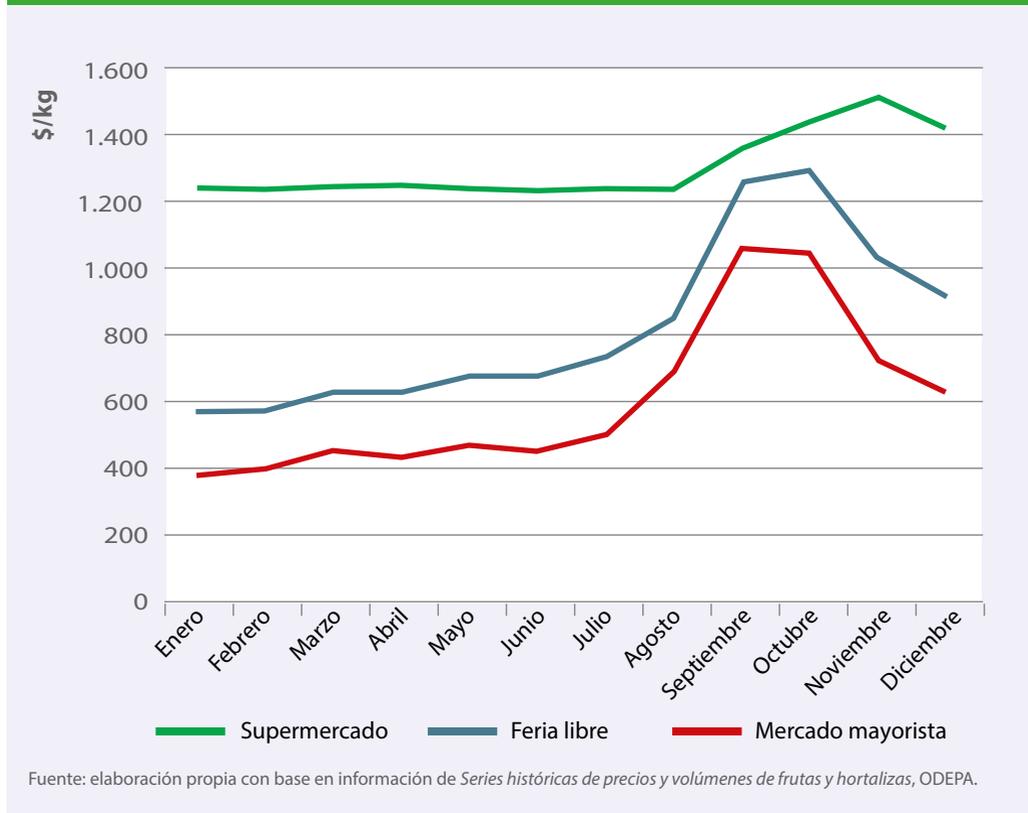
Región de procedencia	2018	2019	2020	Particip. 2020
Arica y Parinacota	55.895.125	56.852.571	48.840.768	40,3%
Atacama	1.166.385	407.440	312.975	0,3%
Coquimbo	2.852.740	4.128.304	12.660.750	10,4%
Valparaíso	25.183.971	24.457.815	27.432.578	22,6%
Metropolitana	2.775.230	1.450.078	5.376.700	4,4%
O'Higgins	20.324.110	14.717.240	14.334.996	11,8%
Maule	10.865.950	10.147.820	10.294.610	8,5%
Ñuble	571.020	561.985	268.113	0,2%
Biobío	62.620	72.060	96.350	0,1%
La Araucanía	1.043.115	1.257.135	1.676.355	1,4%
TOTAL	120.742.284	114.054.467	121.296.215	100%

Fuente: elaboración propia con base en información de series de Series históricas de precios y volúmenes de frutas y hortalizas, ODEPA.

¹⁰ ODEPA. Series históricas de precios y volúmenes de frutas y hortalizas. Disponible en: https://reportes.odepa.gob.cl/#/series-historicas-fruta-hortaliza?utm_source=web&utm_medium=clic&utm_campaign=consultasBBDD&utm_term=2019&utm_content=historicas

Respecto del precio de venta del tomate fresco, en el siguiente gráfico se muestra la evolución del precio promedio por kilo durante el año 2020, según sea su venta en ferias libres, mercados mayoristas o supermercados. En todos estos canales de comercialización se observa un alza de los precios a contar de agosto hasta octubre, asociado a la estacionalidad de la producción; sin embargo, esta alza es menos pronunciada en el caso de las ventas en supermercados, donde la diferencia entre el precio de venta promedio mínimo y máximo fue de un 19%, a diferencia de lo ocurrido en ferias libres y mercados mayoristas, donde esta fluctuación alcanzó un 127% y 184%, respectivamente.

Figura 4. Precio promedio de venta de tomate fresco en el mercado interno, según canal de distribución, año 2020 (en \$/kg)



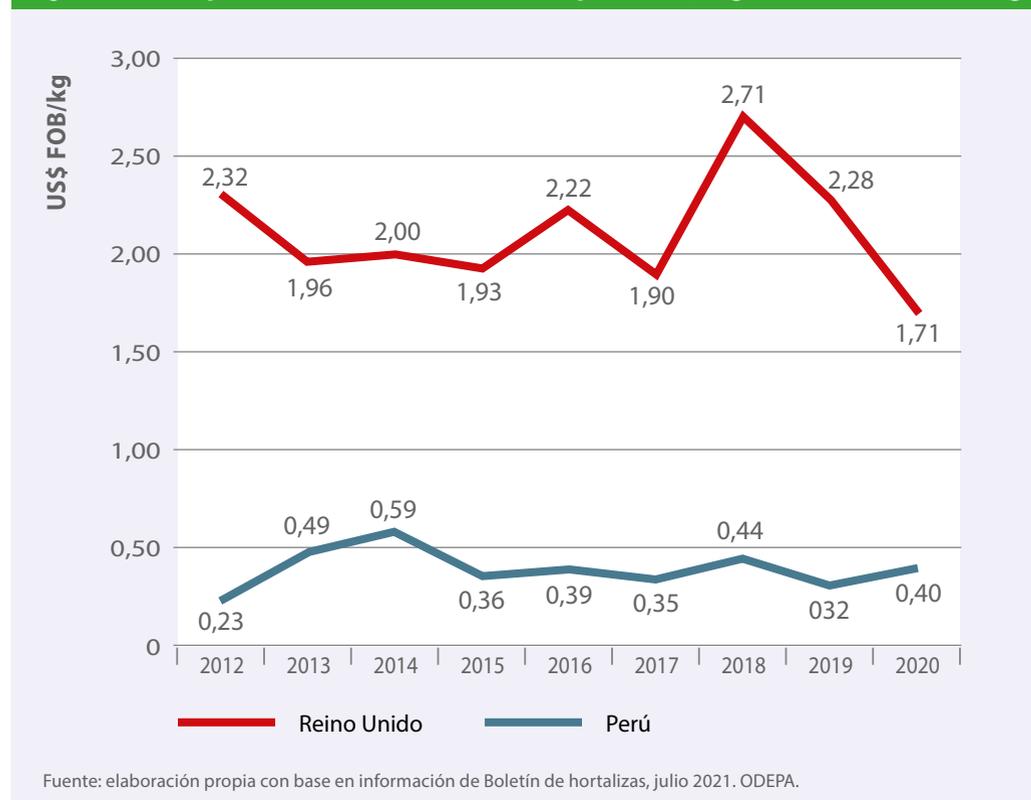
En relación con el comercio internacional, las exportaciones de tomate fresco son un rubro que se ha desarrollado en los últimos años. Entre los años 2012 y 2020 el volumen exportado aumentó en más de 10 veces, pasando de 260 a 3.300 toneladas. Durante este periodo el principal destino ha sido Perú, que el año 2020 representó prácticamente el 100% del volumen exportado, debido probablemente a su cercanía con una de las principales zonas productoras de Chile. El segundo destino en importancia (Reino Unido) ha mostrado una tendencia sostenida a la baja, mientras que el resto no ha logrado mantenerse como mercados estables.

Cuadro 5. Volumen exportado de tomate fresco según destino, 2012- 2020 (kg)

País	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Perú	252.640	86.388	540.360	864.483	1.170.828	1.318.428	2.009.880	1.944.000	3.298.380
Reino Unido	5.806	9.446	9.327	9.146	2.062	1.330	6.698	5.885	1.330
Territorio británico en América	198	80	145	150	450	2.260	4.924	130	
Ecuador								105	
Argentina			100.317			338.438			
Estados Unidos	1.394	370							
Italia		198							
Malawi	350								
Uruguay			130.000		22.880				
TOTAL	260.388	96.482	780.149	873.779	1.196.220	1.660.456	2.021.502	1.950.120	3.299.710

Fuente: elaboración propia con base en información del Boletín de Hortalizas, julio 2021, ODEPA.

El comportamiento de las exportaciones se explica en parte por los precios alcanzados. En la siguiente figura se muestra el precio promedio por kilo de tomate fresco, para el caso de las exportaciones a Perú y Reino Unido. En el caso de Perú, el precio promedio del año 2020 alcanzó a 0,4 US\$/kg, inferior al menor precio promedio de venta del tomate en el mercado nacional ese mismo año.

Figura 5. Precio promedio FOB tomate fresco exportación, según destino (US\$ FOB/kg)

► 2. Innovación y base conceptual de la tecnología

Hoy se reconoce al valle de Almería, en España, como un modelo exitoso en la implementación de estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en respuesta a la presión que hace años ejercieron los mercados del norte europeo por reducir la carga de residuos en hortalizas frescas, lo que potenció la existencia de un mercado de empresas especializadas en crianza de enemigos naturales (EN) y el desarrollo de conocimientos aplicados para desplazar el uso de plaguicidas. Hoy más del 50% de la superficie de Almería utiliza casi exclusivamente EN.¹¹

En Chile, existe escasa información de planes reales de manejo integrado de *Trialeurodes vaporariorum* en cultivos de tomate bajo invernadero. Además, la oferta de productos MIP adolece de conocimientos específicos básicos, entre ellos:

- a) Desconocimiento de los métodos para criar de manera costo efectiva y abundante a *Encarsia formosa*, parasitoide de la principal plaga en invernaderos: la mosquita blanca.
- b) No existe información suficiente respecto de la sensibilidad de los EN frente a plaguicidas poco selectivos.
- c) Se desconoce cómo el desempeño de los EN se ve afectado por las condiciones ambientales extremas que se generan al interior de los invernaderos nacionales.

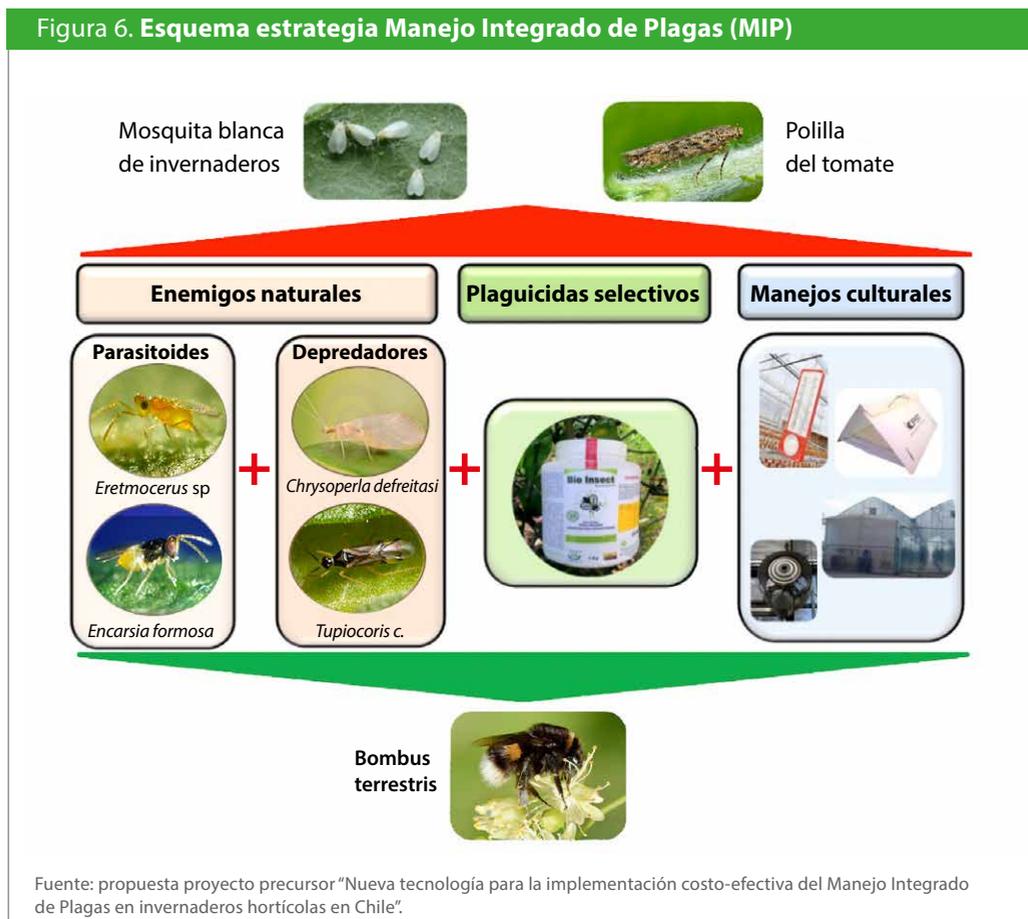
Lo anterior, sumado a que las primeras iniciativas MIP no han tenido resultados consistentes, ha contribuido a que se haya generado desconfianza en el método y dificultado el desarrollo de un mercado de productores de EN efectivo, así como del uso de organismos auxiliares, como los abejorros.

Para revertir esta situación, el proyecto precursor se planteó desarrollar conocimientos integrales, que permitan disponer de un paquete tecnológico que resulte eficiente desde el punto de vista de su relación costo-efectividad, a partir de: evaluar varias alternativas de enemigos naturales, incluidos parasitoides y depredadores; disponer de varios plaguicidas sintéticos o con base a compuestos naturales efectivos, de bajo impacto para estos y para los organismos auxiliares que favorecen la polinización del cultivo (abejorros); y definir un conjunto de manejos que aborden las variables ecoambientales más críticas (clima, suelo), que impactan en el desempeño de los EN. Para ello, en forma previa se levantó una línea base de la situación actual de experiencias en trabajos y estudios existentes sobre mosquita blanca, con el fin de investigar la biología y ecología de la mosca blanca de los invernaderos, que permita desarrollar una estrategia completa para el manejo integrado de *T. vaporariorum* en cultivos de tomate bajo invernadero en Chile.

¹¹ Propuesta proyecto precursor “Nueva tecnología para la implementación costo-efectiva del Manejo Integrado de Plagas en invernaderos hortícolas en Chile”, 2015.

El paquete tecnológico desarrollado se basa en el MIP, incorporando los aspectos claves que se deben tener presentes para asegurar su éxito, ya mencionados en el punto 1.3 de este capítulo. En la Figura 6 se muestra un esquema conceptual de la estrategia MIP que se propuso evaluar en el proyecto precursor, donde, a partir de la utilización combinada de enemigos naturales, plaguicidas selectivos y manejos culturales, se planteó desarrollar una estrategia costo-eficiente para controlar la presencia de mosquita blanca y polilla del tomate, principales plagas de este cultivo, sin afectar su principal agente polinizador. En esta estrategia juega un rol fundamental el monitoreo constante del estado de la plaga, de los EN y del agente polinizador, con el fin de determinar el requerimiento de aplicación de pesticidas.

Para el desarrollo de la estrategia, se contó con el apoyo de una entidad experta en I+D en temáticas entomológicas y un grupo de agricultores líderes de la Región de Valparaíso, donde se llevaron a cabo las pruebas de campo, estableciéndose las dosis de EN y momento óptimo de su liberación, y los requerimientos de plaguicidas para complementar el control de la plaga y manejos culturales, de manera que un agricultor pueda reducir el número de aplicaciones de plaguicidas en al menos un 50% y/o reducir los costos del manejo de plagas entre un 10 y un 20%.





► 3. El valor de la herramienta desarrollada

El valor de la herramienta desarrollada radica, principalmente, en contar con un paquete tecnológico de MIP eficiente y al menor costo posible (costo-eficiente) para controlar mosquita blanca en cultivos de tomate bajo invernadero. Esto no solo redundará en impactos ambientales positivos y que incentivan la implementación de buenas prácticas agrícolas en Chile, con beneficios directos sobre la población y el medio ambiente a través de mejorar los procesos productivos para obtener productos más inocuos; también contribuye de forma directa a mejorar la competitividad del sector agrícola en el largo plazo, dando respuesta a la tendencia ya instalada en el país de consumir productos más “verdes”.

Si bien en el país se cuenta con un caso exitoso de MIP en tomate en invernadero (Nodo Tecnológico Hortícola de Angol y Renaico, Innova Chile), existen zonas en el país con climas favorables para mosquita blanca (desde Arica a la Región de O’Higgins) donde el problema de esta plaga es intenso y ha dificultado que la implementación del MIP sea exitosa. Por lo mismo, contar con un paquete tecnológico eficaz y de bajo costo abre la posibilidad de que el MIP se instale como una práctica estable en un importante rubro hortícola, como el cultivo de tomate fresco bajo invernadero. Además, contribuye a reducir el efecto negativo que tiene la aplicación de plaguicidas sobre los abejorros, que en la actualidad se utilizan masivamente como agentes polinizadores en invernaderos.

Finalmente, desde el punto de vista del productor: en el caso de productores de tomate de nivel tecnológico medio a alto, donde el programa de control químico con un promedio de 15 aplicaciones/ciclo equivale a un 20% - 25%¹² del costo de producción, la reducción de este costo impacta directamente en la rentabilidad de su cultivo; mientras que en el caso de los pequeños agricultores el paquete tecnológico desarrollado les abre la posibilidad de acceder a este mercado, que en la actualidad cuenta con importantes barreras de entrada producto de los altos costos de producción, además de requerir el dominio de tecnologías asociadas a conocimientos técnicos especializados como los que involucra el MIP.

¹² Propuesta proyecto precursor. De acuerdo con la información obtenida mediante encuesta realizada por ControlBest y Biocruz a productores de tomate de nivel tecnológico medio-alto.

► 4. Conveniencia económica para el productor

El costo de implementar un programa de Manejo Integrado de Plagas varía de acuerdo a la superficie que se trate, al estado sanitario del cultivo y al entorno donde se encuentre, ya que en la medida que el cultivo se localice en una zona donde se concentre una gran superficie de sistemas productivos similares habrá una mayor presencia de plagas. De esta forma, y de acuerdo a lo señalado por la empresa ControlBest, que ejecutó el proyecto precursor, no existe un costo estándar del paquete tecnológico MIP para mosquita blanca, por hectárea. Esto porque el programa, para que sea efectivo, debe ser diseñado de acuerdo a las condiciones de cada cultivo, siendo difícil estandarizarlo, más aun si se considera que es posible que al controlar la plaga base (en este caso mosquita blanca) la reducción en el número de aplicaciones de plaguicidas pueda favorecer el desarrollo de otras plagas, como ocurrió en esta experiencia, donde una vez controlada la mosquita blanca comenzó a ser problema la presencia de polilla del tomate.

De acuerdo con lo anterior, la conveniencia económica depende entonces de cada cultivo, de las condiciones en que este se lleve a cabo (entorno), su superficie y el nivel tecnológico del agricultor. Por ejemplo, en el caso del beneficio asociado al ahorro de costos por menor uso de plaguicidas, dependerá de la situación base del cultivo contra la cual se compare el uso del MIP, pudiendo variar de acuerdo con la realidad de cada productor, la zona donde se ubique el cultivo y el manejo cultural que se realice.

En el marco de una encuesta efectuada por ControlBest y Biocruz a productores de tomate de nivel tecnológico medio-alto de la Región de Valparaíso, con un promedio de 15 aplicaciones/ciclo, se determinó que un programa tradicional de control químico equivale a entre un 20 y 25 % de los costos directos del cultivo (\$3.500.000/ha), debido a la moderada efectividad actual de los plaguicidas. Además, el porcentaje de pérdidas por disminución de la calidad del producto por fumagina (se castiga un calibre) es en promedio del 2,5 % de la producción (\$450.000/ha). A lo anterior hay que agregar otros costos de compleja estimación, como los asociados al reingreso postaplicación (1 día), seguro de accidentes y enfermedades profesionales asociados a riesgo (hasta un 3,4 % de la planilla de remuneraciones) y disminución de rendimientos al cultivo por efecto de la plaga.

Por último, otro problema asociado al control químico es el impacto de los plaguicidas sobre los hoy masivamente utilizados abejorros polinizadores (*Bombus terrestris*) en invernaderos. La empresa asociada Biocruz estimó que las pérdidas de colmena alcanzan a un 12%, lo que se traduce en costos adicionales del orden de USD 50-70/ha/ciclo de cultivo, pero lo más relevante es la disminución de rendimiento, ya que un racimo no polinizado por planta equivale a una producción de aproximadamente 25.000 kg (\$7.500.000/ha).

En términos generales, y con el objeto de entregar antecedentes de referencia que permitan contextualizar la conveniencia de implementar un programa de MIP, es posible señalar

que el proyecto precursor, mediante el paquete tecnológico desarrollado, logró controlar la mosquita blanca en tomate bajo invernadero con un ahorro de costos para el productor de entre un 40 % y un 50 %¹³ respecto del control químico tradicionalmente utilizado, resultando ser la solución costo-eficiente más adecuada. Es importante señalar que este ahorro de costos se refiere solo a los costos asociados al programa de control químico y no incluye el ahorro de recursos que podría significar el no tener que reemplazar las colmenas de abejorro que se utilizan para la polinización, ni el de disminuir efectos sobre la salud de los operarios, producto de las menores aplicaciones de productos químicos, entre otros beneficios que genera un manejo sostenible y amigable con el medio ambiente.

Además, de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de la validación comercial del paquete tecnológico desarrollado en el proyecto precursor, es importante destacar que junto con mantener bajo control a la población de mosquita blanca no hubo incidencia de fumagina en frutos (0 %), incluso habiéndose reducido en un 100 % las aplicaciones de plaguicidas para mosquita blanca, superando las expectativas iniciales de reducirlas en un 50 %.

Si bien existen antecedentes que permiten validar el paquete tecnológico como una técnica conveniente de implementar para el control de mosquita blanca en cultivo de tomate bajo invernadero, es importante tener en consideración algunos aspectos, como los que se mencionan a continuación.



¹³ Información obtenida en entrevista realizada a Dennis Navea O., coordinador del proyecto precursor.

► 5. Claves de la viabilidad

El proyecto precursor permitió demostrar que el MIP es una técnica que puede resultar conveniente para productores de tomate bajo invernadero; sin embargo, para que su uso sea efectivo y viable en el tiempo es importante considerar al menos tres factores.

Por una parte, el interés del productor por desarrollar un cultivo sostenible desde el punto de vista ambiental, ya que esta tecnología no es compatible con el manejo de agroquímicos que tradicionalmente se implementa en el cultivo de hortalizas.

Utilizar el MIP no solo permite disminuir costos por menor número de aplicaciones de pesticidas, sino también obtener un producto más inocuo, que se verá favorecido en la medida que el proceso productivo se complementa con medidas de manejo cultural que aporten en la misma línea, y de esta forma acceder a mercados que exigen mayor inocuidad de los alimentos, como pueden ser las cadenas de supermercados. Así, entonces, un primer aspecto es conjugar el proceso productivo con el mercado donde se comercializará el producto. Es decir, la implementación del MIP es atractiva y especialmente viable en el caso de productores cuyos canales de comercialización exigen productos inocuos y libres de residuos químicos. En este sentido, cobra relevancia la posibilidad de reforzar este tipo de producción con una certificación o sello de calidad que les permita a los productores diferenciar su producto y acceder a canales de comercialización que privilegien un manejo sustentable.

Un segundo aspecto importante es contar con asesoría técnica, ya que uno de los factores claves en el MIP es el monitoreo y la toma de decisiones oportunas a partir del análisis de la información que se registre. Además, es común que a medida que se logre el control de la plaga primaria, en este caso la mosquita blanca para el tomate, podrán adquirir importancia plagas secundarias como la polilla del tomate u otras, para las que también habrá que evaluar las mejores opciones de control de modo que resulten convenientes, desde el punto de vista económico, sin sacrificar la calidad del producto.

Finalmente, es importante tener presente que el resultado que se logre con el MIP y los beneficios de su aplicación también dependen del estado nutricional y sanitario del cultivo, de modo que es importante mantener en este un adecuado manejo cultural para que se refleje efectivamente en una producción ambientalmente sostenible y un producto inocuo para la salud humana.

► 6. Asuntos por resolver

Si bien los enemigos naturales definidos en el paquete tecnológico fueron exitosos para controlar la mosquita blanca en tomate, se produjo un incremento de otras plagas de importancia económica, como la polilla del tomate, que antes, en virtud de la alta carga de plaguicidas asociada al control de la mosquita blanca, no se expresaban como un daño económico significativo. En este sentido, a pesar de que existen métodos relativamente efectivos para controlar la polilla (plaguicidas, feromonas), es relevante investigar sobre esto y eventualmente aportar soluciones nuevas que complementen el paquete tecnológico desarrollado, abordando en forma integral el control biológico de ambas plagas. Asociado a esto, es importante realizar una evaluación permanente de los nuevos plaguicidas que salgan al mercado y que sean compatibles con la tecnología desarrollada, de modo de mantener un paquete tecnológico actualizado y efectivo.

Otra recomendación del proyecto a futuro es validar el protocolo de liberación de *Tupiocoris* c. a escala comercial en fase de plantinera y al aire libre. Esto debido a que el procedimiento implementado en el proyecto permitió la introducción de adultos a pequeña escala, a partir de *speedlings* (bandejas almacigueras) encerrados en carpas de malla antiáfido y en cultivos orgánicos a pequeña escala al aire libre. Sin embargo, es necesario validar este procedimiento a nivel comercial y de grandes invernaderos, donde se desarrollan las plántulas y cultivos a mayor escala.

El proyecto precursor

► 1. El entorno económico y social

El proyecto precursor se desarrolló en la Región de Valparaíso, la cual se ubica en la zona central entre los 32°02' y 33°57' de latitud sur, desde el límite con la República Argentina hasta el Océano Pacífico. Comprende una superficie de 16.396 km², equivalente al 2,1% del





territorio nacional, de los cuales 394 km² corresponden a territorio insular, donde se encuentran: la Isla de Pascua; Sala y Gómez; San Félix y San Ambrosio; y el Archipiélago Juan Fernández. El clima en la región es principalmente templado mediterráneo, más húmedo en el litoral y frío hacia la cordillera.

La Región de Valparaíso se divide administrativamente en 8 provincias: Isla de Pascua, Los Andes, Quillota, Valparaíso, Petorca, San Antonio, San Felipe de Aconcagua y Marga Marga. La población alcanza los 1.815.902 habitantes según la información del Censo 2017, con una densidad poblacional de 110,75 habitantes por km² (Cuadro 6).

Cuadro 6. Información Región de Valparaíso				
Región	Ubicación geográfica	Provincias	Superficie (km²)	Población (habitantes)
Valparaíso	Entre los 32°02' y los 33°57' de latitud sur	Isla de Pascua Los Andes Quillota Valparaíso Petorca San Antonio San Felipe de Aconcagua Marga Marga	16.396	1.815.902

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Las principales actividades económicas en la región son las vinculadas al sector secundario y terciario de la economía, entre ellas la industria manufacturera, transporte y servicios. El año 2019 el PIB regional alcanzó a los \$ 15.804 mil millones, lo que significó un aumento de un 2,6 % respecto del año 2018 y representa un 8 % del PIB nacional. En cuanto al PIB silvoagropecuario, el año 2019 alcanzó un valor de \$ 642 mil millones, equivalente a una participación de un 4,1 % del PIB regional. Al analizar la participación del PIB por actividad económica, respecto del PIB regional en el periodo 2013-2019, se observa un aumento en la actividad silvoagropecuaria, junto con la construcción, comercio y servicios, mientras que en el sector pesca se ha mantenido y en el resto de las actividades ha disminuido.

Cuadro 7. Participación porcentual del PIB por actividad económica, respecto del PIB regional, Región de Valparaíso

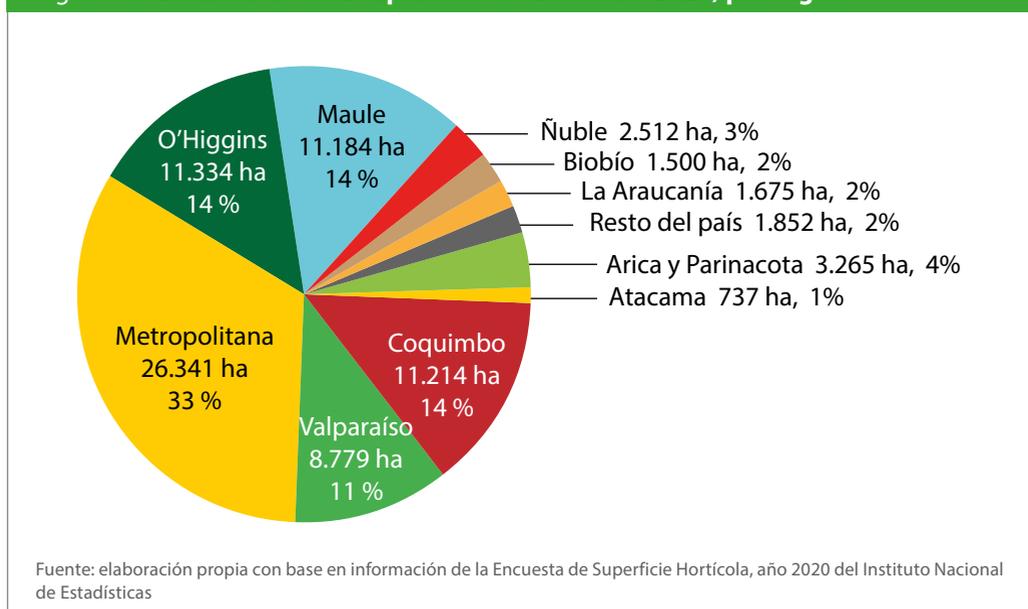
Actividad económica	2013 %	2014 %	2015 %	2016 %	2017 %	2018 %	2019 %	Variación periodo %
Agropecuario-silvícola	3,3	3,9	4,1	4,6	4,4	3,9	4,1	0,7
Pesca	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Minería	10,3	10,0	7,6	6,9	8,5	8,1	7,4	-2,9
Industria manufacturera	17,9	18,5	18,7	17,9	16,7	15,5	15,2	-2,7
Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	5,1	3,9	5,2	5,9	5,2	4,7	4,7	-0,3
Construcción	6,8	6,8	7,1	7,4	7,9	7,6	7,9	1,1
Comercio, restaurantes y hoteles	7,0	7,3	7,4	7,7	7,8	8,2	7,9	0,8
Transporte, información y comunicaciones	12,7	12,3	13,5	12,6	11,9	12,0	12,0	-0,7
Servicios financieros y empresariales	9,5	9,2	8,7	8,7	8,6	8,9	9,1	-0,5
Servicios de vivienda e inmobiliarios	9,6	9,8	9,8	9,9	10,3	11,2	11,5	1,9
Servicios personales	12,0	12,3	12,1	12,4	12,6	13,6	13,9	1,9
Administración pública	5,6	5,9	5,8	5,8	5,8	6,1	6,3	0,7
Producto interno bruto	100	100	100	100	100	100	100	

Fuente: elaboración propia con base en información del Banco Central.

La Región de Valparaíso es una de las regiones del país con mayor superficie hortícola, concentrando el año 2020 aproximadamente el 11% del total de la superficie, con 8.779 ha, de un total de 80.392 ha, tal como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Distribución de la superficie hortícola año 2020, por región



En lo que respecta al cultivo de tomate para consumo fresco, la Región de Valparaíso es una de las que ocupa la mayor superficie, 1.104 ha el año 2020, equivalente al 19,7 % de la superficie total del país (seguido por las regiones Metropolitana y de O'Higgins), además de ser la región con mayor superficie de cultivo de tomate bajo invernadero del país. Según la información disponible del Censo Agropecuario del año 2007, a ese entonces el 16,7% de la superficie de tomate fresco se cultivaba bajo invernadero y Valparaíso concentraba el 66,3% de la superficie total, con 697 ha de un total de 1.052 ha (Cuadro 8).

Cuadro 8. Superficie tomate fresco año 2007, según sistema de cultivo

Región	Superficie total (ha)	Cultivo en invernadero 16,7%		Cultivo al aire libre 83,3%	
		Superficie (ha)	Participación (%)	Superficie (ha)	Participación (%)
Total país	6.309	1.052	100,0%	5.257	100,0%
Valparaíso	1.179	697	66,3%	483	9,2%

Fuente: elaboración propia con base en información del Censo Agropecuario 2007. Instituto Nacional de Estadísticas.

La producción comercial de tomate fresco bajo invernadero se concentra en productores con un nivel tecnológico medio a alto. Esto debido a que es un rubro altamente especializado e intensivo, que requiere contar con capacidad financiera y técnica para acceder e implementar tecnología. En el caso de la implementación de MIP se requiere, además, que los productores tengan interés y motivación por desarrollar un cultivo ambientalmente sostenible, que no solo incorpore un manejo de plagas sustentable con el medio ambiente, sino también se complemente con medidas culturales que hagan viable este manejo y contribuyan a obtener productos inocuos.

2. El proyecto precursor

2.1. Características generales

El proyecto “Nueva tecnología para la implementación costo-efectiva del Manejo Integrado de Plagas en invernaderos hortícolas en Chile”, cofinanciado por FIA, fue ejecutado por ControlBest Ltda. en la Región de Valparaíso, entre abril de 2016 y marzo de 2019. Además contó con la participación de BioCruz S.A. y el Centro de Entomología Aplicada Ltda. (Biocea) como empresas asociadas, con vasta experiencia en sus áreas de especialización. BioCruz, como empresa prestadora de servicios de polinización, mediante la especie abejorros (*Bombus terrestris*), y Biocea en el desarrollo de investigación aplicada y transferencia tecnológica en el área de control biológico y Manejo Integrado de Plagas.

El objetivo general del proyecto fue desarrollar un paquete tecnológico que incorpore enemigos naturales, plaguicidas compatibles y prácticas mejoradas de manejos culturales, que permita a los agricultores implementar un programa de manejo integrado para controlar plagas en invernaderos agrícolas, que sea confiable y económicamente viable. Sus objetivos específicos fueron:

- Desarrollar y/o adaptar las tecnologías que permitan la crianza masiva de los enemigos naturales *Eretmocerus eremicus*, *E. warrae* y *Encarsia formosa*, bajo criterio de costo-efectividad.
- Evaluar la efectividad de dos especies de depredadores de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*): *Chrysoperla defreitasi* y *Tupiocoris cucurbitaceus*, ambos nativos.
- Establecer los parámetros biológicos y ambientales para un programa eficaz de liberación de EN en hortalizas bajo invernadero: especies, dosis (cantidad de EN por m²), temperatura, humedad relativa y momento en fenología del cultivo.
- Evaluar la eficacia y efectividad del paquete tecnológico desarrollado, basado en enemigos naturales, *Bombus terrestris*, insecticidas selectivos y herramientas complementarias de manejo cultural, tales como uso de semiquímicos, trampas, mallas antiáfido, uso de microelementos y cebo para control de hormigas.
- Transferir el paquete tecnológico a un grupo de agricultores innovadores de la Región de Valparaíso y la Región de Arica y Parinacota.

En términos generales, los resultados del proyecto demostraron que los enemigos naturales seleccionados fueron efectivos para el control de mosquita blanca, ya que mantuvieron la plaga bajo el umbral de daño económico y, a su vez, resultaron ser una solución convenient-



Liberación y recuento de pupas de *Encarsia formosa* en tomate invierno-primavera. Fuente: proyecto precursor.

te para su control desde un punto de vista de costo-eficiencia. Dentro de los resultados más relevantes se destacan los siguientes:

- Se logró definir y validar los protocolos para la crianza costo-efectiva del depredador nativo, el mirido *Tupiocoris cucurbitaceus* y el parasitoide naturalizado *Encarsia formosa*.
- Se logró establecer que ambos enemigos naturales, utilizados en distintos ciclos de producción de tomate bajo invernadero (invierno-primavera/verano-otoño), son efectivos en el control de mosquita blanca manteniendo la plaga bajo el umbral de daño económico, lo que se traduce en una reducción superior al 50 % esperado en el número de aplicaciones de plaguicidas, lo que se refleja en la reducción combinada de costos y pérdidas por un valor de alrededor de \$2.500.000/ha. Adicionalmente, se disminuyó el costo asociado al uso de colmenas comerciales del polinizador *Bombus terrestris* ya que se evita el reemplazo de estas, cuya vida útil se acorta por efecto de los plaguicidas. Esto no incorpora el beneficio potencial para agricultores de contar con un producto que puede diferenciarse del convencional químico.
- Se logró validar una modalidad costo-efectiva de inoculación del depredador *Tupiocoris c.*, poniendo dosis bajas de este en las plantas durante la fase de plantín. Esta metodología evita liberaciones masivas y costosas durante el desarrollo del cultivo, ya que el insecto se establece en el cultivo y puede actuar cuando la plaga recién se instala.
- Se validó una dosis comercial de controladores biológicos (unidades/m²) y la respuesta a variables ambientales en invernadero, concluyéndose que no son limitantes para el desarrollo de ambos controladores biológicos.
- Se logró validar que el parasitoide *Encarsia f.* es una excelente herramienta complementaria al depredador *Tupiocoris c.*, que permite relevarlo durante la caída de población que este experimenta, posterior al control que ejerce sobre la mosquita blanca.



2.2. Validación de la tecnología

En todo tipo de cultivo las plagas representan un problema, pero en cultivos de hortalizas bajo invernadero han sido un desafío mayor debido al clima favorable para su proliferación, especialmente en valles como Quillota, Limache o Arica.

El control de plagas es uno de los factores productivos que puede impactar los ingresos del agricultor, por este motivo es relevante contar con un tratamiento eficaz, y eficiente desde el punto de vista económico. Frente a esta interrogante y con el propósito de potenciar alternativas de manejo amigables con el medio ambiente, el proyecto precursor se orientó a desarrollar y validar un paquete tecnológico de estrategia MIP que permita su implementación en sistemas de producción de tomate –y por extensión a otras hortalizas bajo invernadero–, basado en un conjunto de metodologías integradas cuyo costo sea inferior o al menos equivalente al costo actual de un programa de control químico de mosquita blanca y polilla del tomate, que constituyen las dos principales plagas de tomate en la actualidad.

De acuerdo a los objetivos establecidos, el proyecto abordó 7 líneas de acción, que se resumen a continuación, destacando sus principales resultados.

Línea base situación actual de mosquita blanca

Para llevar a cabo el proyecto, en primer lugar se realizó un diagnóstico de la situación actual de la mosquita blanca en invernaderos y de estudios existentes sobre esta plaga y estrategias MIP para su control, tanto a nivel nacional como en el extranjero, concluyéndose que en Chile no existe un manejo integrado real de *T. vaporariorum*, existiendo diferentes tipos de control incorporados separadamente, por lo cual es necesario desarrollar una estrategia de control de esta plaga utilizando diferentes técnicas compatibles y que puedan ser desarrolladas en forma simultánea.

Evaluación de parasitoides y depredadores de mosquita blanca

Con el fin de determinar los EN de mosquita blanca más efectivos para su control en una estrategia MIP, se evaluaron 3 parasitoides exóticos y 2 depredadores nativos. Los parasitoides evaluados correspondieron a *Eretmocerus eremicus*, *E. warrae* y *Encarsia formosa*, este último internado el año 1989 por el INIA La Cruz, mientras que los otros dos parasitoides fueron internados por el proyecto precursor y sometidos a la cuarentena reglamentaria establecida por el SAG. Finalmente se descartó el uso de las microavispa *Eretmocerus eremicus* y *E. warrae*, debido a que no fue posible cumplir las pruebas de selectividad de estos parasitoides sobre especies nativas de mosquita blanca exigidas por el SAG. En el caso de *E. warrae*, si bien logró emerger como adulto no logró generar descendencia, lo que no permitió montar ensayos de campo para acreditar su selectividad contra mosquitas blancas nativas, solicitándose al SAG el cierre de la cuarentena.

Dado lo anterior, solo se evaluó la efectividad de *E. formosa*,¹⁴ para lo cual se requirió generar un stock de mosquita blanca que fuera inoculada. Para ello, se evaluaron 12 especies de plantas hospedero de mosquita blanca, seleccionándose la berenjena y el tabaco como aquellas más adecuadas para la producción masiva de esta especie. De estos dos hospederos, se optó por el tabaco como hospedero definitivo dado su menor costo de producción y menor tiempo requerido para el desarrollo de la planta. En esta etapa se desarrolló un protocolo de masificación de mosquita blanca que permitió producir entre 1.500 a 2.000 pupas por hoja de tabaco. En este proceso resultó relevante la participación del especialista francés Mathieu Ferret.

La eficiencia del parasitoide *Encarsia formosa* fue evaluada y validada mediante mediciones de laboratorio efectuadas por la empresa Biocea Ltda. y a través del registro en campo con el sistema de monitoreo de ControlBest. El parasitismo registrado fue en promedio entre un 50 y un 70 % de ninfas de mosquita blanca en folíolos, lográndose de esta forma una alternativa de control biológico para complementar el control efectuado por el depredador *Tupiocoris c.*, una vez que deja de ser efectivo y las poblaciones de mosquita resurgen. Esto debido a que, si bien este depredador ejerce un alto nivel de control sobre mosquita blanca, su población depende de la presencia de la plaga mostrando un desfase de un mes para volver a controlarla, una vez que se recupera la población de mosquita blanca, siendo este el momento adecuado para liberar el parasitoide..

Con respecto a la evaluación de la efectividad de los dos depredadores seleccionados, los resultados mostraron una incidencia nula del neuróptero *Chrysoperla defreitasi* en el control de mosquita blanca en plantas de tomate, por lo cual fue excluido del paquete tecnológico a pesar de estar bien documentada su eficiencia sobre mosquita blanca en otro tipo de hortalizas.

En cuanto a la acción del depredador *Tupiocoris c.*¹⁵, su establecimiento y desarrollo de poblaciones, la baja en la población de mosquita blanca en todos los ensayos realizados respaldó la efectividad de su acción para controlar la plaga en invernaderos. En ensayos de campo se mostró que es efectivo para controlar mosquita blanca, especialmente durante los primeros 90 días del cultivo, manteniendo a la plaga entre un 5 % y un 10 % de incidencia por debajo del umbral de daño económico (30-40 %). Sin embargo, durante la primera mitad del cultivo se verificó cierta tendencia del depredador a desaparecer, asociada a la disminución de la plaga. Su eficiencia fue monitoreada en campo, evaluada y validada, observándose una depredación entre un 70 % a 80 % de ninfas de mosquita blanca en folíolos.

¹⁴ *E. formosa* es una avispa endoparasitoide partenogenético telítoco; es decir, de los huevos no fecundados nacen hembras. Durante su desarrollo pasa por las etapas de huevo, tres estados larvarios, pupa y adulto. Todos estos estados, excepto el adulto, se desarrollan en el interior del huésped.

¹⁵ *Tupiocoris cucurbitaceus* pertenece a la subfamilia Dicyphinae (Miridae). Se encuentra sobre una gran variedad de plantas pertenecientes a las familias Solanaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae y Geraniaceae. Presenta metamorfosis incompleta, paurometabolía. Las hembras colocan los huevos en el interior del tejido vegetal. Las ninfas de color verde claro que emergen de estos huevos son casi imperceptibles al ojo desnudo. A medida que crecen y mudan de estadio (cinco en total) van adquiriendo un tono más oscuro hasta llegar a adulto, que se distingue por sus alas completamente formadas y el color negro de su cuerpo.

Definición de parámetros biológicos y ambientales para un programa eficaz de liberación de EN en hortalizas bajo invernadero

Para diseñar un programa de liberación de los EN estudiados que resulte eficaz al mínimo costo, se definieron parámetros biológicos tales como dosis de liberación y abundancia de la plaga, esto último a fin de establecer el momento óptimo para liberar los EN en función de la población presente de mosquita blanca.

Respecto de la dosis de liberación de *Tupiocoris c.*, se estableció que 2,4 individuos/m² entrega un adecuado control de mosquita blanca. Sin embargo, con el fin de reducir los costos de manejo para los agricultores, se implementó un ensayo de campo en Olmué para evaluar tres dosis más bajas (0,48; 1,2 y 1,7 individuos/m²) con 4 repeticiones, más un control. En cada repetición se utilizaron jaulas de aproximadamente 6 m³, selladas con malla antiáfido, para evaluar en campo el comportamiento poblacional del insecto. Los resultados no fueron concluyentes, dado que la incidencia de mosquita blanca no fue suficientemente alta para validar las dosis probadas en el tiempo, recomendándose la dosis validada de 2,4 individuos/m² por ser técnica y económicamente viable.



Imágenes de *Tupiocoris cucurbitaceus*.

En cuanto al mejor momento de liberación de los EN, las evaluaciones de campo permitieron establecer que en el caso del depredador *Tupiocoris c.* un esquema de inoculación desde fase de plantinera (con 3 individuos/plántula) es técnicamente viable, por lo que no se justifica un modelo inundativo.¹⁶ En el caso del parasitoide *Encarsia formosa*, este EN es un complemento del depredador, por tanto, su liberación está condicionada a la ocurrencia de recuentos bajos de este último, los que cruzados con el recuento de un estadio específico de la plaga que será consumido por el parasitoide (Ninfa III), permiten establecer el momento o parámetro biológico de la plaga más adecuado para su liberación. Así, se validó que el momento de liberación del parasitoide más conveniente, en campo como pupa, es a partir de 15-28 ninfas de mosquita blanca por folíolo (Nivel 1 en la escala ControlBest).

¹⁶ Control biológico Inundativo: basado en la recogida, cría masiva y suelta periódica en grandes cantidades de un agente de control biológico que permita suprimir la plaga únicamente con los organismos liberados y no con su descendencia. FERNÁNDEZ, Marta. "Control biológico en cultivos hortícolas: efecto de los alimentos suplementarios en depredadores y parasitoides". 2015. <http://hdl.handle.net/10803/293152>

Respecto de los parámetros ambientales, se realizó el levantamiento de datos tanto de indicadores climáticos (temperatura, humedad relativa) como de estado fenológico del cultivo (racimo, floración) y se evaluó las fluctuaciones poblacionales de plagas (mosquita blanca) y enemigos naturales liberados (*Tupiocoris c.* y *Chrysoperla d.*), bajo dos condiciones de temperatura y humedad relativa. Para ello, se realizaron mediciones de estas variables en dos ciclos de cultivo: invierno-primavera y verano-otoño, en tres empresas agrícolas de la Región de Valparaíso, ubicadas en Quillota y Limache. Se estableció que las condiciones ambientales más extremas dentro de invernaderos (temperaturas máximas y mínimas) no se traducen en mortalidad de *Tupiocoris c.* ni de *Encarsia Formosa*. El depredador mostró ser capaz de sobrevivir y de reproducirse de forma adecuada con promedios de temperaturas máximas sobre 40 °C en pleno verano. La misma conclusión se extrajo, a partir de mediciones a fines de primavera, respecto de la sobrevivencia del parasitoide *Encarsia formosa*. Es importante señalar que la experiencia también se amplió a la polilla del tomate y ácaro del bronceado (*Aculops lycopersici*), plagas que pasan a tomar relevancia cuando la mosquita es controlada efectivamente. En este caso se monitoreó también la fluctuación del parasitoide *Trichogramma nerudai*, el cual fue liberado durante los ensayos.

Entre los parámetros ambientales, también se realizaron análisis de residuos de plaguicidas en muestras de suelo y tejido de la planta, tanto en cultivo con manejo estándar como en cultivo con control biológico. Los resultados indicaron que la cantidad de plaguicidas encontrados en folíolos de tomate bajo el sistema de control biológico es significativamente menor, con 1 producto, en comparación con el cultivo convencional, donde se encontraron por lo menos 3 productos (Chess, Coragen y Hurricane), de los cuales uno resulta ser altamente tóxico para los controladores biológicos (Hurricane-Acetamiprid). Por otra parte, la concentración de plaguicidas medidos en folíolos de tomate es significativamente menor en el sistema de control biológico. En el caso del activo pimetrocina (Chess) el valor medido alcanza 0,1 ppm, en comparación a las 11 ppm obtenidas en el sistema convencional. Estos resultados permiten validar el paquete tecnológico basado en control biológico, ya que reduce en forma significativa la cantidad de moléculas de plaguicidas y los niveles de estos, tanto en las hojas (folíolos) del tomate como en el suelo.

Evaluación de efectividad de plaguicidas para control de mosquita blanca

Se evaluó la efectividad de 4 plaguicidas sobre mosquita blanca (huevo, ninfa y adulto) y polilla del tomate (huevo, larvas, galerías). Los plaguicidas evaluados fueron: Chess (pimetrozina); Evisec (hidrogenoxalato de tiociclam); Sanmite (piridabén); y jabón potásico (éster potásico de ácido graso vegetal) en dos dosis (0,5 % y 0,25 %).

Los resultados confirman la falta de alternativas de control para estados juveniles y adultos de mosquita blanca, dado que ninguno de los productos logró diferenciarse del testigo. En cambio, sí se verificó la efectividad de estos productos para el control de huevos de mosquita, incluido un producto de tipo orgánico como es el jabón potásico. De acuerdo a esto, el uso de estos químicos registrados es una herramienta que requiere una estrategia de aplicaciones periódicas (cada 5-7 días), que resulta en un programa de control de baja eficiencia económica.

Evaluación de selectividad de plaguicidas sobre enemigos naturales de mosquita blanca

Se evaluó en condiciones de laboratorio 5 plaguicidas comúnmente usados para controlar mosquita blanca, para determinar su efecto sobre los enemigos naturales *Encarsia Formosa*, *Chrysoperla defreitasi* y *Tupiocoris cucurbitaceus*, así como sobre el agente polinizador *Bombus terrestris* (abejorro).

Para *Tupiocoris c.* los resultados indican que el plaguicida Chess (Pimetrozina) genera una mortalidad del 10 % (índice OILB = 1), lo cual lo habilita como producto posible de usarse junto con controladores biológicos. Para *Encarsia f.* se obtuvo que los productos disponibles (Pimetrozina, Azadirachtina, Buprofezin y Pyriproxifen) al día 1, 2 y 6 después de aplicación, causan una mortalidad de 50-60 %, de lo que se deduce que estos productos son medianamente selectivos con este EN. Finalmente, para *Bombus terrestris* adulto, los productos más selectivos fueron Chess (Pimetrozina), que genera una mortalidad cercana a 35 %, seguido por Admiral (Piriproxifen) con una mortalidad aproximada de 75 %.

A partir de lo anterior, se concluyó que para el caso del parasitoide *Encarsia f.* no se dispone de plaguicidas selectivos, mientras que para el depredador *Tupiocoris* resultó ser selectivo el producto Chess (Pimetrozina), lo mismo que para el agente polinizador *Bombus terrestris*.



Bombus terrestris en flor de tomate.

Fuente: registro fotográfico proyecto precursor.

Validación de un paquete tecnológico

A partir de los resultados obtenidos se desarrolló un paquete tecnológico que se validó en condiciones de campo en el predio de la empresa Agrícola A&A Ltda., ubicado en Limache. Se trabajó en una superficie de 0,5 ha, con dos variedades de tomate: Alamina y Patrón 88.

Las dosis utilizadas de controladores biológicos fueron de 1 individuo/m² de *Tupiocoris c.* y 2 individuos/m² de *Encarsia f.* Adicionalmente se utilizaron colmenas de *Bombus t.* como polinizadores, aportados por la empresa Biocruz S.A. a razón de 1 colmena cada 5.000 ejes.

Se realizaron monitoreos semanales de todas las plagas y de sus controladores biológicos. También se evaluó cada 15 días el marcaje de flores y el estado de las colmenas. Los resultados fueron comparados con un módulo de control de similares características, con manejos convencionales y utilización de colmenas, también de Biocruz S.A.

En la Figura 8 se muestran las aplicaciones necesarias que se debieron realizar en cada manejo (biológico y convencional), detallándose el producto aplicado y su fecha de aplicación, así como la fecha de entrada y reposición de colmenas.



De acuerdo a los resultados logrados en el ensayo, se concluyó que el paquete tecnológico desarrollado permitió:

- Reducir el uso de plaguicidas en un 50 %;
- No fue necesario utilizar productos para el control de mosquita blanca. Las 4 aplicaciones de productos fueron para controlar polilla del tomate, mientras que en el testigo se debió realizar 9 aplicaciones y con más de un producto químico.
- La actividad de las colmenas comerciales de abejorro europeo se vio favorecida, traduciéndose en el ahorro de reemplazar 1 colmena.

Finalmente, el nivel de presencia de fumagina fue similar en ambos tratamientos y bajo un 1%.

Difusión de resultados

Con el fin de difundir los resultados del proyecto se realizaron 2 eventos de difusión. El primero, un “día de campo” en Olmué, en la Agrícola A&A SpA., donde se mostró en terreno el paquete tecnológico aplicado, dando a conocer el proceso de manejo implementado y los resultados obtenidos a esa fecha. El segundo consistió en un seminario de cierre del proyecto, que se llevó a cabo en Quillota. Fue organizado por ControlBest e incluyó exposiciones en las que participaron Biocea, ControlBest y Biocruz, mostrando la situación actual del manejo de plagas en invernaderos, los resultados que permitieron generar un protocolo técnico de manejo y una propuesta comercial generada en base a los costos y actividades que contempla el paquete tecnológico.

Además, la empresa asociada BIOCRUZ participó en la feria hortícola Expo Lluta, realizada en octubre de 2017 en la ciudad de Arica, donde se exhibió material visual y técnico de los EN evaluados en el proyecto.

Producto de estas actividades, se logró despertar el interés de productores de alto nivel tecnológico que cultivan tomate bajo invernadero, por diferenciar su producto del que se produce convencionalmente, a través de una certificación o sello de calidad que les permita acceder a canales de comercialización que privilegien un manejo sustentable.



2.3. Otros aspectos relevantes

Previo a la realización del proyecto precursor, el año 2014 la empresa ControlBest financió en conjunto con FIA el desarrollo de la consultoría de innovación “Control biológico de mosquita blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) a escala comercial, a partir de la incorporación de enemigos naturales en plantineras”. Esta consistió en la contratación del biólogo holandés Jan Van der Blom, para la realización de charlas relacionadas con la crianza de *Nesidiocoris tenuis* y otros enemigos naturales de *Trialeurodes vaporariorum*, los mecanismos de liberación en invernaderos y el monitoreo aplicado para regular la abundancia de la plaga y el enemigo natural, con el objetivo de apoyar el desarrollo de un plan de control biológico de mosquita blanca en invernaderos de tomate mediante el uso de *N. tenuis* u otro enemigo natural similar.

La consultoría permitió conocer detalles prácticos del control biológico que se realiza en plantineras y plantaciones de tomates en España y Holanda. Además, lograr mejoras en los módulos experimentales de crianza de la empresa ControlBest, así como conocer posibles candidatos a utilizar en el control de la mosquita blanca de los invernaderos, información que permitió fundamentar y dar origen al proyecto precursor.

Junto con lo anterior, es importante destacar que durante la realización del proyecto precursor fue relevante la participación de las empresas asociadas Biocea y BioCruz. La primera, en la etapa de internación y cuarentena de los parasitoides *Eretmocerus eremicus* y *E. warrae*, así como en las mediciones en laboratorio para evaluar y validar la eficiencia del parasitoide *E. formosa*. La segunda, de Biocruz, empresa prestadora de servicios de polinización, ya que la aplicación de plaguicidas no selectivos limita la actividad y éxito de la polinización por medio de abejorros, agente polinizador utilizado en el cultivo de tomate bajo invernadero, de modo que los resultados logrados permiten ampliar el uso de estos insectos en invernaderos y contar con un completo paquete tecnológico, que permita a los productores interesados en el desarrollo de una agricultura sustentable implementar de forma efectiva un Manejo Integrado de Plagas.



► 3. El proyecto hoy

El paquete tecnológico desarrollado, que como se mencionó integra el conocimiento adquirido anteriormente con la consultoría internacional del experto holandés Jan Van der Blom, permitió a la empresa mejorar el servicio que venía entregando en materia de control biológico de plagas, y en este caso particular para el control de mosquita blanca en tomate cultivado bajo invernadero, consistente en un modelo de negocio orientado a la entrega de una “solución” para el agricultor que incluye el ciclo completo que significa el MIP; es decir: definición de un plan de manejo de acuerdo al estado fitosanitario del predio; determinación de la combinación óptima de controladores biológicos requeridos para regular la plaga; liberación de los controladores biológicos en el tiempo y lugar adecuado, para asegurar que la población sobreviva, se reproduzca y realice un control efectivo de la plaga; seguimiento y asesoría de manejo.

En la actualidad, la empresa ControlBest ofrece una gama de controladores biológicos, entre ellos *Encarsia formosa* y *Orius insidiosus*, para el control de mosquita blanca en tomate. Además de servicios de identificación y cuantificación georreferenciada de plagas, así como de sus enemigos naturales en el cultivo, entrega información pertinente para definir las soluciones más adecuadas al problema fitosanitario detectado. Para ello, ha desarrollado 3 planes de servicios: Control biológico, monitoreo y Manejo Integrado de Plagas, todos de carácter anual o por temporada. Este modelo ha significado ahorros reales del orden de 50% en el costo asociado a aplicaciones de plaguicidas.

Lo anterior ha motivado el interés de productores de alto nivel tecnológico por diferenciar su producto del cultivado tradicionalmente, mediante alguna modalidad de certificación (sello de calidad) que les permita acceder a mercados más exigentes y que valoran una producción más sostenible ambientalmente.

El valor del proyecto

El control químico de plagas en hortalizas cultivadas bajo invernadero se ha transformado en una práctica cada vez menos eficiente, tanto desde el punto de vista económico como de su sostenibilidad ambiental. Esto debido al desarrollo de resistencia por parte de las plagas, que ha llevado a los agricultores a realizar programas preventivos con aplicaciones en dosis crecientes y cada vez más frecuentes, no solo aumentando los costos del proceso productivo sino también en contraposición con la tendencia mundial de inocuidad alimentaria, que favorece una producción de alimentos libres de residuos y bajo normas que respeten el medio ambiente.

En ese contexto, frente a un escenario cada vez más exigente en materia de producción de alimentos ambientalmente sostenible, el proyecto precursor se orientó a desarrollar un paquete tecnológico basado en el Manejo Integrado de Plagas, para el control de mosquita blanca en tomate, principal hortaliza cultivada en Chile bajo invernadero para consumo fresco. Esto con el fin de generar una solución que, además de reducir los costos de producción, se traduzca en una opción efectiva para el control sostenible de plagas en tomate que pueda mantenerse en el tiempo, a la vez de potenciar el mercado de los enemigos naturales que se requieren para sustentarlo.



Los resultados obtenidos permitieron validar un paquete tecnológico de Manejo Integrado de Plagas para el control de mosquita blanca en tomate bajo invernadero en la Región de Valparaíso, que en términos generales implica una reducción de costos entre un 40% y 50% respecto del control químico tradicionalmente utilizado. No obstante, es importante tener presente que el costo final de implementar este tipo de control de plagas depende, entre otros aspectos, de las condiciones sanitarias del cultivo y el entorno donde se localice, factores que determinan el diseño del programa más adecuado.

Es importante señalar que el uso de esta tecnología requiere de conocimientos técnicos especializados, por lo que es recomendable contar con asesoría técnica que apoye su implementación, de manera que se adopte la solución más adecuada en función de la condición sanitaria del cultivo y nivel tecnológico del agricultor, de manera de alcanzar efectivamente los beneficios provenientes de un menor uso de plaguicidas.

El valor de la herramienta desarrollada radica, por una parte, en disponer de un paquete tecnológico MIP efectivo y sostenible para el control de mosquita blanca en tomate bajo invernadero, tanto desde el punto de vista económico como ambiental; y, por otra, contar con el conocimiento y experiencia para extender el uso de esta técnica en forma gradual a otras actividades relacionadas, como semilleros, abriendo la posibilidad de que esta tecnología se instale como una práctica estable en el cultivo de una de las principales hortalizas producidas en Chile, así como para avanzar en su aplicación a otros rubros productivos, de manera de contribuir en forma concreta a implementar buenas prácticas agrícolas en Chile y mejorar, en el largo plazo, la competitividad del sector agrícola chileno.

Anexos

Anexo 1. Productos químicos registrados en Chile para control de mosca blanca de los invernaderos

Anexo 2. Bibliografía

Anexo 3. Entrevistas realizadas

ANEXO 1. Productos químicos registrados en Chile para control de mosca blanca de los invernaderos

Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis	Modo de acción
Bupofrezin	Applaud	75-100 g/100 L	Contacto e ingestión*
Imidacloprid	Confidor 350 SC 4	40-60 cc/100 L agua	Sistémico, contacto***
Flufenoxuron	Cascade 100 DC	100 cc/100 L agua	Contacto e ingestión*
Pyridaben	Sanmite	75 g/100 L agua	Contacto e ingestión
Pymetrozine	Chess 25 WP	80-120 g/100 L agua	Sistémico contacto e ingestión***
Acetamiprid	Mospilán	45-50 g/100 L agua	Sistémico contacto e ingestión***
Thiametoxam	Actara 25 WG	20-40 g/100 L	Sistémico y translaminar***
Fenoxicarb	Insegar 25 WG	60 g/100 L agua	Contacto e ingestión**
Azadirachtina	Neem-X Oikoneem	2,5-5 cc/100 L agua	Contacto, ingestión y repelencia*
Novaluron	Rimon 10 EC	250-350 cc/ ha	Contacto e ingestión*
Beauveria bassiana	Botanigard	30-120 g/100 L agua	Contacto*
Deltametrina	Decis Tab	2 g/ 15 L agua	Contacto e ingestión***
Abamectina	Fast 1.8 EC	60-80 cc/100 L agua	Contacto, ingestión y translaminar***
Endosulfan	Thiodan 50% WP	1-1,5 kg/ ha	Contacto e ingestión***
Endosulfan	Endosulfan 50 WP	1-1,5 kg/ ha	Contacto e ingestión***
Metomil	Lannate 90	0,25-0,5 kg/ ha	Contacto e ingestión***
Oxamilo	Vydate L	2,5-4,5 L/ ha	Sistémico y contacto***
Clorpirifos	Chlorpirifos 50 WP	80-100 g/100 L agua	Contacto e ingestión***
Detergente	Detergente + agua	200 g/ 100 L agua	Contacto

* Controla ninfas ** Controla ninfas y huevos *** Controla ninfas y adultos.

Fuente: Informe técnico 2, proyecto precursor. Anexo 2. "Diagnóstico Línea de Base actual de experiencia en trabajos y estudios existentes en mosca blanca". Septiembre 2016.

ANEXO 2. Bibliografía

ARAYA, M.H. et. al. "Observaciones sobre biología y crianza de *Encarsia formosa* Gahan, parasitoide de *Trialeurodes vaporariorum*". Revista Phytoma N° 205, agosto 2009.

Banco Central de Chile. Base de Datos Estadísticos. Sector Externo. Comercio Exterior Bienes.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

ChileAgrícola. *Manejo Integrado de Plagas*.

<<https://www.chileagricola.cl/manejo-integrado-de-plagas/>>

ChileAgrícola. Las cifras actualizadas del sector hortalicero en Chile. Noviembre 2020. Disponible en:

<<https://www.redagricola.com/cl/las-cifras-actualizadas-del-sector-hortalicero-en-chile/>>

FERNÁNDEZ, Marta. "Control biológico en cultivos hortícolas: efecto de los alimentos suplementarios en depredadores y parasitoides". 2015. <<http://hdl.handle.net/10803/293152>>

FIA, CONTROL BEST. Propuesta proyecto precursor "Nueva tecnología para la implementación costo-efectiva del Manejo Integrado de Plagas en invernaderos hortícolas en Chile", 2015.

FIA, CONTROL BEST. Informes técnicos de avance e Informe final proyecto precursor. "Nueva tecnología para la implementación costo-efectiva del Manejo Integrado de Plagas en invernaderos hortícolas en Chile", 2015.

INDAP. Estrategias Regionales de Competitividad por Rubro "Tomate invernadero región de Valparaíso". Disponible en: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/tomateinvernadero-vr_estrategiasregionalesxrubro.pdf?sfvrsn=0>

INE. Encuesta de Superficie Hortícola 2020.

INE. Censo Agropecuario 2007.

ODEPA. *Situación del tomate para consumo fresco*. Agosto 2013. Disponible en:

<<https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/11729.pdf>>

ODEPA. Boletín de hortalizas, diciembre 2020.

ODEPA. Boletín de Hortalizas, junio 2021.

ODEPA. Series históricas (diarias, semanales y mensuales) de precios y volúmenes de frutas y hortalizas. Disponible en: <https://reportes.odepa.gob.cl/#/series-historicas-fruta-hortaliza?utm_source=web&utm_medium=clic&utm_campaign=consultasBBDD&utm_term=2019&utm_content=historicas>

POLACK, L.A. *et al.* "Control biológico en tomate con el mívrido *Tupiocoris cucurbitaceus*".

RIPA, R. "Biological control in greenhouse pests in Chile". Proceedings of the 4th International Symposium on Biological Control of Arthropods, p.129, 2013.

RIPA, R.; LARRAL, P. "Manejo Integrado de Plagas Cuarentenarias en Paltos y Cítricos". Presentación Centro de Entomología Aplicada. Disponible en: <http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2010/03_mon_y_c_palt_citricos/descargas/2_Pilar_Larral_Renato_Ripa.pdf>

SAG. Archivo Entomológico.

ANEXO 3. Entrevistas realizadas

En la elaboración de este documento y su validación técnica, se utilizó información obtenida de entrevistas realizadas a:

Nombre	Cargo	Fecha	Lugar
Dennis Navea O.	Biólogo, representante legal de la empresa ControlBest y coordinador del proyecto precursor	12 de agosto de 2021	Videoconferencia

152

