



Situación fitosanitaria de la producción hortícola de la Región de Atacama

Editores:

Claudio Salas Figueroa, Ingeniero Agrónomo, Dr.
Alejandro Layana Salinas, Ingeniero Agrónomo

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

BOLETÍN INIA/N° 408

ISSN 0717-4829





Situación fitosanitaria de la producción hortícola de la Región de Atacama

Editores:

Claudio Salas Figueroa, Ingeniero Agrónomo, Dr.
Alejandro Layana Salinas, Ingeniero Agrónomo

INIA INTIHUASI

Vallenar, Chile, 2019

BOLETÍN INIA Nº 408

ISSN 0717-4829



Editores:

Claudio Salas Figueroa, Ingeniero Agrónomo, Dr.
Alejandro Layana Salinas, Ingeniero Agrónomo

Autores:

Claudio Salas Figueroa, Ingeniero Agrónomo, Dr.
Alejandro Layana Salina, Ingeniero Agrónomo
Leonardo Rojas Parra, Ingeniero Agrónomo
Pablo Meza Muñoz, Ingeniero Forestal, Dr.
Carlos Astudillo Orestes, Ingeniero Agrónomo

Comité Revisor Técnico y de Textos:

Carlos Quiroz E., Ing. Agr. M.Sc. Ph.D.
Érica González V., Técnico en Biblioteca, INIA Intihuasi
Francisco Meza A., Ingeniero Agrónomo, M.Sc., INIA Intihuasi

Director Regional INIA Intihuasi:

Edgardo Díaz Velásquez, Ingeniero Agrónomo, Mg.

Boletín INIA N°408

Proyecto Aplicación de sistemas de detección temprana y control de bajo impacto ambiental de plagas y enfermedades en cultivos de hortalizas para la obtención de productos saludables. Código BIP: 30486380.

Proyecto Financiado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de Atacama.

Cita bibliográfica correcta Boletín

Salas, C. y A. Layana (Eds). 2019. Situación fitosanitaria de la producción hortícola de la región de Atacama. 133 p. Boletín INIA N°408. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile.

Cita bibliográfica correcta Capítulo de Boletín

Autores capítulo. 2019. **Nombre capítulo.** En: Situación fitosanitaria de la producción hortícola de la región de Atacama. Salas, C. y A. Layana (Eds). La Serena, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. Páginas 23-28. Boletín INIA N°408.

©2019. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Centro Regional de Investigación Intihuasi. Colina San Joaquín s/n, La Serena, Teléfono (51) 2223290- Anexo 2134, región de Coquimbo.

ISSN 0717 - 4829

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y diagramación: Urenda & Gutiérrez Ltda.

Cantidad de ejemplares: 100 ejemplares.

La Serena, Chile, octubre de 2019

INDICE

CAPÍTULO	TÍTULO	Nº PÁGINA
	INTRODUCCIÓN	5
1	PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN LA REGIÓN DE ATACAMA	7
2	ESTADO DE LA INOCUIDAD ASOCIADA A LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE LA REGIÓN DE ATACAMA	16
3	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGRICULTORES ENCUESTADOS	21
4	MANEJO AGRONÓMICO	27
5	SITUACIÓN FITOSANITARIA	34
6	INSECTOS Y ÁCAROS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN TOMATE, AJÍ, PIMIENTO Y LECHUGA DE LA REGIÓN DE ATACAMA Y ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO	65
7	SISTEMAS DE EXCLUSIÓN DE INSECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS (TOMATE Y AJÍ)	77
8	VIRUS DE LA MANCHA NECRÓTICA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGAS DE LA REGIÓN DE ATACAMA	101
9	MANEJO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE TOMATE	115
10	CONCLUSIONES GENERALES	124
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127

INTRODUCCIÓN

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.
claudio.salas@inia.cl

El rubro hortícola posee gran importancia a nivel nacional debido a su amplia distribución geográfica, abarcando desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Magallanes.

Según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2019), la superficie total de hortalizas para el año 2017 fue de 70.707 hectáreas, siendo las regiones Metropolitana (21.894 ha), del Libertador Bernardo O'Higgins (10.135 ha) y del Maule (10.042 ha), las que concentran la mayor superficie.

De acuerdo con la superficie cultivada, las especies hortícolas de mayor importancia en el año 2017 fueron: choclo con 9.541 ha, lechuga con 6.519 ha y tomate para consumo fresco con 5.269 ha, cuyo principal destino es el mercado nacional (ODEPA, 2019).

Cabe destacar que la pequeña agricultura juega un rol importante en la actividad hortícola, ya que el 65% de las 34.000 explotaciones dedicadas a la producción de hortalizas corresponde a superficies agrícolas menores a 5 hectáreas (Censo Agropecuario y Forestal, 2007).

Las hortalizas en la región de Atacama son cultivadas principalmente por pequeños productores que en la actualidad destinan 615 hectáreas, distribuidas entre los valles de Copiapó y Huasco (ODEPA, 2019). Sin embargo, al comparar la superficie hortícola actual con los datos del Censo Agropecuario 2007, se advierte una disminución porcentual del 62,7% de su superficie. De este modo, queda en evidencia la pérdida de competitividad del rubro pese a los esfuerzos de las distintas instituciones públicas y privadas para fomentar el desarrollo de la horticultura en la región.

Uno de los factores que afecta directamente la competitividad de la actividad hortícola en la región, corresponde al incremento poblacional de los insectos plagas producto de la simplificación de sus agroecosistemas a través del monocultivo. De igual forma, se prevé que el cambio climático contribuya en el corto plazo en el aumento poblacional de insectos plaga, debido al aumento de la tasa reproductiva o número de generaciones (voltinismo).

Con el fin de mantener la sanidad y rentabilidad de sus cultivos, gran parte de los agricultores recurren al uso de plaguicidas, pero en general desconocen aspectos biológicos básicos de la plaga, el tipo de producto que aplican, el ingrediente activo más idóneo para su control y el momento oportuno de aplicación, lo que se traduce en un número excesivo de aplicaciones.

Al respecto, Zolezzi (2012), menciona que una de las prácticas agronómicas que más impactan la inocuidad de los alimentos de origen vegetal, es el control de plagas y enfermedades y su consecuente aplicación de plaguicidas como alternativa de control, que en muchos casos se realiza de manera excesiva, trayendo consigo un aumento del riesgo de contaminación del producto final y del ambiente.

En este sentido, la Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA) señala a través de la Red de Información y Alertas Alimentarias (RIAL), que el rubro hortalizas en Chile presentó el año 2017 el mayor número de notificaciones de alertas alimentarias, relacionadas con la presencia de residuos de plaguicidas que exceden los límites permitidos, o bien, con la presencia de residuos de plaguicidas no autorizados.

De esta forma, unos de los aspectos claves para el desarrollo sustentable de la pequeña agricultura en la región de Atacama, corresponde al control y aseguramiento de la calidad e inocuidad de los productos hortícolas. En la actualidad los consumidores exigen a la industria hortofrutícola mayores requerimientos por productos de calidad e inocuos, lo que ha generado cambios en el manejo de los cultivos.

Los consumidores están adquiriendo mayor conciencia sobre los efectos negativos provocados por la agricultura convencional sobre su salud y el ambiente (Pérez, 2004). Por ende, exigen que los alimentos sean cultivados en sistemas productivos sostenibles, donde exista una integración armónica de aspectos económicos, sociales y ambientales.

En este sentido, los esfuerzos realizados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en apoyar la horticultura regional se han centrado principalmente en la introducción de nuevas tecnologías a los procesos productivos, orientadas a la mitigación de los artrópodos plagas, bajo el concepto de Manejo Integrado de Plagas, estrategia que preconiza la obtención de un cultivo sano a través del uso coordinado de la información de la plaga y el ambiente y de los métodos de control disponibles, a fin de prevenir niveles de daño inaceptables, mediante la aplicación de las medidas más seguras y económicas.

Entre octubre de 2017 y marzo de 2018 el INIA Intihuasi llevó a cabo el proyecto **“Aplicación de sistemas de detección temprana y control de bajo impacto ambiental en plagas y enfermedades de hortalizas para la obtención de productos saludables”, Código BIP N°30486380, financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de Atacama**, y cuyo objetivo principal fue incorporar en el sector hortícola regional, tecnologías de gestión integrada de plagas, asegurando la inocuidad y aumentando la eficiencia productiva. El presente Boletín entrega, además de los resultados de la propuesta, un diagnóstico de la situación fitosanitaria del sector hortícola, el cual servirá de base para futuras intervenciones tendientes a posicionar a la producción hortícola de Atacama como relevante en el escenario nacional.

CAPÍTULO 1

PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN LA REGIÓN DE ATACAMA

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.
claudio.salas@inia.cl

La región de Atacama tradicionalmente ha desarrollado horticultura, no obstante, no posee suelos con la mejor aptitud hortícola. Pese a lo anterior, el manejo técnico de los cultivos y las características agroclimáticas locales han permitido que se logre importantes aumentos de producción para ciertos tipos de hortalizas con los recursos naturales y la fertilidad de suelos disponibles. Datos entregados por CCIRA-CIREN (2015), señalan que la superficie total destinada a hortalizas es de 643,8 hectáreas, las que se distribuyen en 267,7 hectáreas en el valle del Río Copiapó, y 376,1 hectáreas en el valle del Río Huasco. Esta superficie es un 12,9% menor a la que entrega por INE en su estimación del año 2013 (-95,2 hectáreas) y muy por debajo respecto de la obtenida en el censo agropecuario del 2007 (CCIRA-CIREN, 2015).

La comuna que presenta la mayor superficie destinada a producción de hortalizas es Vallenar, con 313 hectáreas (48,6%), seguida por la comuna de Copiapó con cerca de 243 hectáreas (37,7% de la superficie hortícola regional) (**Figura 1**) (CCIRA-CIREN, 2015).

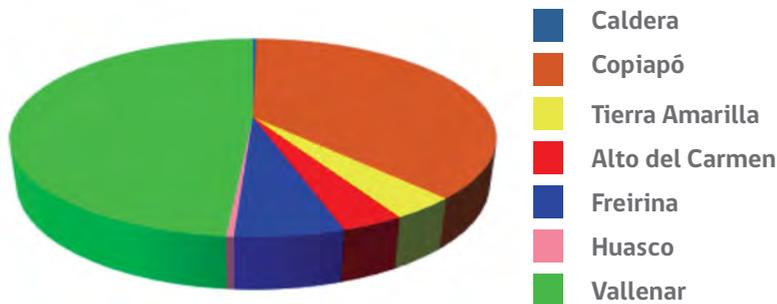


Figura 1. Superficie hortícola por comuna, región de Atacama.

Si bien las comunas de Vallenar y Copiapó concentran el 86% de la producción hortícola regional de Atacama, esta actividad tiene importancia en las comunas restantes, ya que representan gran cantidad de explotaciones (CCIRA-CIREN, 2015).

Las unidades productivas dedicadas a la producción de hortalizas desarrollan principalmente labores al aire libre (71% de las unidades hortícolas) o combinan producción al aire libre con producción en invernaderos (17%). En términos de la superficie involucrada, la producción al aire libre corresponde al 89% de la superficie hortícola total, mientras que la producción en invernadero alcanza un 11% (CIREN, 2015).

Al analizar la superficie según el tipo de producción (al aire Libre, o en invernadero), las especies más cultivadas en invernaderos son: tomate, ají, pimentón, poroto verde, pepino y berenjena. Las demás hortalizas tienen prácticamente el 100% de su extensión a nivel de la región de Atacama en producciones al aire libre (CCIRA-CIREN, 2015).

Si bien hace unos años, la producción regional era capaz de cubrir las necesidades de la región, con el tiempo y debido a la disminución de superficie (**Cuadro 1**) y las restricciones productivas y económicas, se ha perdido volumen y han desaparecido algunas especies hortícolas del total productivo de la región. Sin embargo, la dinámica productiva y comercial del sector también ha hecho que, con los recursos naturales, financieros y humanos disponibles, los agricultores de la región hayan desarrollado otros rubros y tecnologías, y algunas hortalizas muestren estabilidad e incluso crecimiento en la última década (CCIRA-CIREN, 2015). El caso del tomate es un ejemplo, ya que ha mostrado un desarrollo tecnológico importante y una especialización, particularmente en el valle de Copiapó donde se concentra el 88% de la producción regional (CIREN, 2015).

Cuadro 1. Estimación de superficie sembrada o plantada de hortalizas en la región de Atacama años 2007 y 2010 a 2016.

	Superficie (hectáreas)							
Cultivo	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total	1.606,3	1.105,8	1.262,1	962,1	739,1	775,6	571,1	506,5

Fuente: INE 2016.

Respecto a las especies de hoja verde, claramente la lechuga milanesa es la hortaliza que presenta el mayor desarrollo productivo, especialmente en el valle del Huasco donde se genera el 80% de la producción de lechuga (CCIRA-CIREN, 2015). No obstante, aunque la región posee condiciones agroclimáticas excepcionales para la producción temprana de estas hortalizas, con la posibilidad de alcanzar mayores precios en los mercados de la zona central, la creciente fragilidad en la seguridad y disponibilidad de agua (variables críticas para este cultivo), han mermado sus volúmenes (CIREN, 2015).

La necesidad de aumentar la productividad de algunas hortalizas y aprovechar mejores precios fuera de temporada normal, han hecho que la producción bajo invernadero se haya expandido en todas las regiones del país. En Atacama, esta forma de producción ha tenido mayor expresión en tomates y ajíes.

La producción de ají, pepino, y berenjena, casi en su totalidad se efectúa en invernadero. Le siguen en importancia: tomate, con más del 40% de su producción proveniente de cultivos bajo plástico y el pimentón con un 20% (**Figura 2**) (CCIRA-CIREN, 2015).

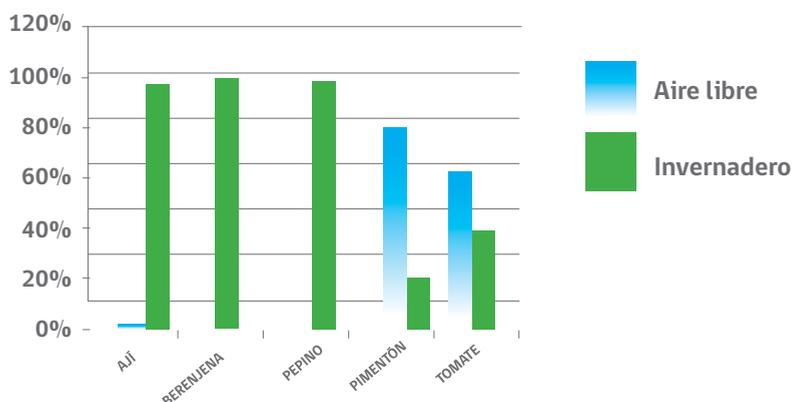


Figura 2. Proporción de producción de principales productos cultivados en invernadero, región de Atacama (CCIRA-CIREN, 2015).

Factores que han influido en la disminución de la superficie destinada a hortalizas

En los últimos años, el cambio climático ha puesto mayor presión sobre la ya escasa disponibilidad de agua y han aumentado los riesgos de catástrofes como aluviones y sequías cada vez más frecuentes, impactando los volúmenes de producción. La sequía que viene arrastrándose desde hace varios años agrava la situación hídrica de la cuenca del Río Copiapó y las restricciones que enfrenta el valle para abastecer la demanda de agua del sector agrícola y zonas rurales. Esta situación ha provocado un déficit hídrico severo en toda la provincia, afectando particularmente a la producción agrícola de sectores mayoritariamente compuestos por pequeños agricultores dedicados al cultivo de hortalizas. A lo anterior se suma la creciente competencia en los mercados, lo que ha llevado a que los precios no sean competitivos. Incluso la temporada 2017/2018 se dieron los más bajos registrados. Si a los menores ingresos se agrega el aumento de costos de materiales, insumos y mano de obra, que escasea por la competencia minera, se configura un nuevo mapa de desafíos para la zona (Revista del Campo, 2018).

Como ya se ha mencionado, otro factor que causó grandes estragos en la producción hortícola de la región de Atacama, fueron los aluviones ocurridos en 2015 y 2017, siendo el más negativo el del año 2015, donde la totalidad de la producción de hortalizas del Valle de Copiapó fue afectada. La situación en la región de Atacama se tornó grave, puesto que, de las nueve comunas de la región, cinco fueron seriamente dañadas por los aluviones, y sólo cuatro de ellas resultaron sin grandes efectos.

Luego en el año 2017, vuelve a ocurrir otro aluvión donde aproximadamente 1.000 pequeños agricultores fueron afectados mientras aún no se recuperaban de lo ocurrido en 2015.

Un total de 270 kilómetros de canales de riego dañados dejaron los aluviones que golpearon la región de Atacama en 2015 y 2017, según constató un catastro realizado por la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Otros factores que están afectando la producción de hortalizas de la región de Atacama son:

- La disponibilidad de agua por conflictos de derechos
- Costos de insumos productivos más altos que en otras regiones
- Baja disponibilidad y costo elevado de mano de obra
- Alto costo de la energía, lo que desincentiva operar tecnologías de riego más eficientes
- Bajo desarrollo tecnológico del sector
- Bajo nivel organizativo de productores y trabajadores agrícolas

Medidas para recuperar la horticultura en la región de Atacama

La agricultura es uno de los principales polos de desarrollo de la región de Atacama pues genera trabajo en forma directa para cerca de 18 mil personas en temporada alta, y en forma indirecta crea trabajos en el área de servicios, transporte y otros sectores. Además, posee ventajas comparativas con otras regiones debido a su estacionalidad que favorece mejores precios, calidad (CCIRA-CIREN, 2015).

Seguir el lineamiento planteado en el catastro realizado por CIREN de determinar la factibilidad de construir plantas procesadoras de hortalizas tipo Gama II y III, dado que una de las formas de agregar valor a la producción de vegetales frescos, es su procesamiento mediante tecnología para hacerlos disponibles para diferentes formas y usos que requiera el consumidor. La tecnología llamada Gama II se refiere al procesamiento que utiliza algún tratamiento térmico esterilizante para preservar la vida útil del producto.

Varios de los productos hortícolas producidos en Atacama podrían tener el potencial de ser procesados bajo algún tratamiento tipo Gama II, sin embargo, CCIRA-CIREN, 2015 cita dos características que hacen difícil identificar estos procesos como mecanismos eficaces para generar valor agregado:

- a. Al observar el destino actual de la producción regional de hortalizas, se observa que la mayor demanda actual sigue estando en las hortalizas frescas naturales y enteras.
- b. Actualmente, los volúmenes de producción regionales de hortalizas no son altos por lo que no pareciera ser eficiente el desarrollar un sistema que dé salida a dichas hortalizas con una escala más industrial que artesanal.

El caso que quizás podría estudiarse y explorarse más profundamente, es el del ají, ya que es un producto de alta productividad en Atacama. La variedad mayormente utilizada, cristal, tiene una producción estandarizada y es factible de ser conservada con volúmenes interesantes para comercializar a nivel país o exportación (CCIRA-CIREN, 2015). Sin embargo, los sistemas productivos actuales en invernaderos tipo parrón (**Figura 3**), requieren ser modificados ya que favorecen el desarrollo de insectos plaga como la mosquita blanca de los invernaderos, principalmente debido al incremento de temperatura por lo bajo de las estructuras (**Figura 3**).



Figura 3. Sistema productivo de ají en invernadero tipo parrón, Alto del Carmen, región de Atacama, 2018.

Otras alternativas estudiadas para favorecer la producción hortícola de la región de Atacama han sido la producción de lechuga, tomates cherry y zapallos italianos mediante sistemas hidropónicos los cuales resultaron económicamente rentables (INIA, 2016). Asimismo, la introducción de hortalizas novedosas como kale y mizuna y su comercialización junto a cebollines, acelgas y tomates en el Mercado Campesino que funciona en el Hall de Mall Plaza de Copiapó son auspiciosos.

Breve análisis del cultivo de tomate, lechuga y ají en la región de Atacama

Situación del cultivo de tomate al aire libre y en invernadero en la región de Atacama

De acuerdo con el consumo a nivel nacional, el tomate es considerado la hortaliza más importante desde el punto de vista de la alimentación de la familia chilena. Ocupa el primer lugar entre las hortalizas dentro de la canasta, con una ponderación de 0,365%, de acuerdo con la VII Encuesta de Presupuesto Familiar (EPF) realizada por el INE (EPF, 2013), lo que significa que es la hortaliza que los hogares destinan más recursos. Es importante indicar que hubo un aumento en la ponderación respecto a la VI EPF 2007 (0,32%), por lo que se podría decir que los hogares chilenos actualmente destinan mayor porcentaje de sus recursos al tomate que años atrás.

La superficie destinada en el país a este cultivo para consumo fresco ocupa el tercer lugar dentro de los cultivos hortícolas en términos de superficie, después del choclo y la lechuga, de acuerdo con las estimaciones del INE para el año 2013. Estimativamente y de acuerdo con un estudio realizado por INE, que comprende la evolución de la superficie destinada al cultivo en la región de Atacama, se advierte que esta superficie ha ido disminuyendo entre los años 2007 a 2016 (**Cuadro 2**). Esta tendencia se observa en la región debido a la falta de mano de obra y la escasez hídrica.

Cuadro 2. Tendencia superficie plantada de tomate en la región de Atacama 2007 y 2010 a 2016.

Cultivo	Superficie (Hectáreas)								Variación
	2007 ¹	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2015 (%)
Tomate consumo fresco	211,9	185,3	244,3	135,9	136,8	140,9	120,5	102,2	-15,2

Fuente: INE 2016.

De acuerdo con CIREN, la distribución de las superficies en los valles de Copiapó y Huasco, corresponden a 101,6 y 30,02 hectáreas respectivamente, totalizando 131,6 hectáreas en la región de Atacama. De estas, 101,6 hectáreas están dedicadas a la producción de tomate al aire libre y 30,02 en Invernadero.

Cuadro 3. Superficie de tomate al aire libre y bajo invernadero en la región de Atacama, por Valle productor.

Comunas	Aire libre (ha)	Invernadero (ha)
Valle del Río Copiapó		
Caldera	1,50	0,25
Copiapó	69,50	27,32
Tierra Amarilla	4,93	0,00
Vallenar	23,95	1,37
Freirina	0,00	0,88
Huasco	0,34	0,00
Alto del Carmen	3,39	0,20
Total	103,61	30,02

Fuente: CCIRA-CIREN, 2016

El cultivo del tomate ha mostrado un desarrollo tecnológico importante y una especialización en el valle de Copiapó donde se concentra el 88% de la producción regional. Según el resultado del catastro hortícola realizado, esta producción se estima en más de 3.000 toneladas, las cuales proveen completamente al consumo interno regional, y generan un importante superávit estacional durante la primavera, el cual se comercializa principalmente en mercados mayoristas de la zona central.

De acuerdo con datos recopilados por este mismo estudio, la producción de tomate en la región de Atacama según tipo y sistema de cultivo es de 1.943.450 kilos al aire libre y de 1.220.680 kilos en producción bajo invernadero, lo que da un total anual en la región de 3.194.130 kilos. En cuanto a las variedades utilizadas se mencionan: "Naomi", "Atenas", "Luciana", "Bobcat" y "Trovatore". En menor medida se mencionan las variedades "Mikonos" y "Cherry".

En relación con los periodos de concentración de plantación y de cosecha, estos difieren, según la zona productiva. Así, en Copiapó la plantación se lleva a cabo entre febrero y marzo mientras que la cosecha ocurre entre mayo y diciembre. En Huasco en tanto, la plantación es en septiembre y la cosecha entre diciembre y enero.

Situación del cultivo de la lechuga en la región de Atacama

La superficie destinada al cultivo de lechuga en la región de Atacama es variable. El año 2007 la superficie alcanzó a 37 hectáreas, llegando a su mayor superficie, 49 hectáreas, el año 2013 y luego, debido a los factores ya señalados, desciende en forma abrupta hasta llegar a tan solo 18 hectáreas en 2016 (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Tendencia superficie plantada con lechuga en la región de Atacama 2017 y 2010 a 2016.

Cultivo	Superficie (Hectáreas)								Variación
	2007 ¹	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2015 (%)
Lechuga	37,0	34,7	37,6	40,4	49,1	47,7	26,5	18,4	-30,4

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de INE 2016.

De acuerdo con CCIRA-CIREN (2016), la distribución de la superficie destinada a la producción de lechuga es de 11,6 hectáreas en Copiapó y 9,4 en Huasco, totalizando 20,9 hectáreas. De este total el 100% se destina a producción al aire libre. La distribución por comuna se expone en el **Cuadro 5**.

Esta misma fuente señala que la lechuga milanesa es la que presenta el mayor desarrollo productivo, especialmente en el valle del Huasco donde se genera el 80% de la producción. La variedad escarola es menos cultivada por los productores locales, puesto que presenta una mayor dificultad para obtener un producto de óptima calidad y competitivo con el producto de las regiones de Coquimbo y Metropolitana.

Cuadro 5. Superficie de lechuga al aire libre y bajo invernadero, región de Atacama, por Valle productor (2016).

Comunas	Aire libre (ha)	Invernadero (ha)
Valle del Río Copiapó		
Caldera	0,00	0,00
Copiapó	11,89	0,03
Tierra Amarilla	0,05	0,06
Vallenar	8,64	0,00
Freirina	0,34	0,00
Huasco	0,05	0,00
Alto del Carmen	0,47	0,00
Total	21,44	0,09

Fuente: CCIRA-CIREN, 2016.

Situación del cultivo de ají en la región de Atacama

El cultivo de ají en la región de Atacama se encuentra concentrado en la Provincia de Huasco con 22,6 hectáreas versus 0,2 hectáreas que existen en Copiapó. El **Cuadro 6**, indica la evolución de la superficie de cultivo de ají. Se exponen fluctuaciones con una baja entre 2007 a 2010 y luego un alza y baja otra vez en 2013, debido a la sequía, volviendo a estabilizarse en 26,9 hectáreas en 2016.

Cuadro 6. Tendencia superficie plantada con ají en la región de Atacama 2007 y 2010 a 2016.

Cultivo	Superficie (Hectáreas)								Variación
	2007 ¹	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2015 (%)
Ají	43,7	27,0	35,3	38,1	19,7	25,3	18,1	26,9	48,4

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de INE 2016.

De acuerdo con la superficie destinada al cultivo en Copiapó y Vallenar, en el **Cuadro 7**, se puede advertir que en Vallenar se concentra la mayor superficie del cultivo bajo invernadero con 18,1 y 3,49 hectáreas al aire libre.

Cuadro 7. Superficie del cultivo de ají al aire libre y bajo invernadero en la región de Atacama, por Valle productor, 2016.

Comunas	Aire libre (ha)	Invernadero (ha)
Valle del Río Copiapó		
Caldera	0,00	0,00
Copiapó	0,20	0,00
Tierra Amarilla	0,00	0,00
Vallenar	3,49	18,08
Freirina	0,00	0,00
Huasco	0,00	0,00
Alto del Carmen	0,99	0,00
Total	4,68	18,08

Fuente: CCIRA-CIREN, 2016.

CAPÍTULO 2

ESTADO DE LA INOCUIDAD ASOCIADA A LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Alejandro Layana S.

Ingeniero Agrónomo

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

claudio.salas@inia.cl

Metodología del estudio

El estudio consideró distintas actividades para su ejecución, como se detalla a continuación:

Actividad 1: Recopilación de fuentes secundarias de información y análisis

La primera actividad consistió en recopilar fuentes de información secundaria con el objetivo de conocer el estado del arte de la situación fitosanitaria y productiva de los productores de tomate y lechuga, dos de los cultivos más importantes en la región de Atacama.

Actividad 2: Determinación y justificación de muestra

Para la determinación del tamaño de la muestra y siguiendo la metodología utilizada por Quiroz y Correa, (2017), se utilizaron antecedentes del último Censo Agropecuario y Forestal 2007 (INE, 2007).

De acuerdo con el análisis de la información del Censo, los cultivos de tomate para consumo fresco y lechuga establecidos en la región de Atacama totalizaban 248,8 ha, distribuidos entre los valles de Copiapó y Huasco, representando el 15% de la superficie hortícola regional (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Distribución de superficie de cultivo de tomate para consumo fresco y lechuga, en las provincias de Copiapó y Huasco. Censo 2007.

Provincias	Especies	
	Tomate	Lechuga
	Superficie (ha)	
Copiapó	178,9	21,4
Huasco	32,9	15,6
Total Especie	211,8	37
Total General	248.8	

Fuente: Censo Agropecuario 2007.

La superficie total de ambos cultivos estaba conformada por 174 explotaciones agrícolas, distribuidas en la región tal como se aprecia en el **Cuadro 9**.

Cuadro 9. Número de explotaciones informantes de cultivo de tomate para consumo fresco y lechuga, en las provincias de Copiapó y Huasco. Censo 2007.

Provincias	Especies	
	Tomate	Lechuga
	Número total de explotaciones	
Copiapó	77	30
Huasco	56	11
Total Especie	133	41
Total General	174	

Fuente: Censo Agropecuario 2007.

Para el levantamiento de la información primaria, se definió el tamaño de la muestra considerando un universo de 174 explotaciones hortícolas (tomate y lechuga). De este modo, sobre el universo de explotaciones informantes para ambos cultivos, se estimó el tamaño de la muestra representativa para una población finita, utilizando la siguiente ecuación:

$$N = (N \times Z^2 \alpha \times p \times q) / (d^2 \times [N - 1] + Z^2 \alpha \times p \times q)$$

Donde:

N es el total de las explotaciones informantes (N=174), **Z_{2α}** es 1,962 (seguridad 95%), **p** es la proporción esperada (5%= 0,05), **q**= 1-p (1-0,05=0,95) y **d** es la precisión (3%).

En consecuencia, se determinó que una muestra representativa para el levantamiento de la información correspondía a 94 agricultores, distribuidos entre las provincias de Copiapó y Huasco (**Cuadro 10**).

Cuadro 10. Distribución de número de explotaciones proyectadas cultivadas con tomate y lechuga, en las provincias de Copiapó y Huasco.

Especies cultivadas por explotación	Provincias	
	Copiapó	Huasco
	Número total de explotaciones proyectadas	
Lechuga	15	7
Tomate	42	30
Total General	94	

Fuente: Censo Agropecuario 2007.

Es importante destacar, que los 94 agricultores seleccionados para la aplicación de las encuestas pertenecían al segmento “pequeño productor agrícola” de acuerdo a la clasificación del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), ya que según antecedentes publicados el año 2015 por la Corporación para la Competitividad e Innovación de la región de Atacama (CCIRA) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), el 97,2 y 95,8% de las explotaciones hortícolas localizadas en el valle de Copiapó y Huasco respectivamente, presentan una superficie sembrada menor a las 10 ha. Actualmente no existe información actualizada de este grupo de productores en la región de Atacama respecto a su caracterización, manejos agronómicos, fitosanitarios y aspectos de inocuidad.

Actividad 3: Entrevistas con organismos públicos

Una vez definido el tamaño de la muestra, se realizaron reuniones con ejecutivos de INDAP y profesionales de las unidades operativas del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL), con el fin de recopilar antecedentes productivos y conocer la distribución de las explotaciones agrícolas en el territorio.

Actividad 4: Diseño de encuestas

En relación con el diseño de la encuesta aplicada a los productores de tomate y lechuga en la región, se consideró la generación de una línea base con relación a factores que afectan negativamente la calidad y la inocuidad de la producción de ambos cultivos en la región de Atacama. De esta forma, la encuesta consideró 4 secciones como se detalla a continuación:

- **Sección 1:** Caracterización de los encuestados. Incluyó nombre del productor, georreferenciación del predio, relación del productor según la propiedad y superficie cultivada durante la temporada 2018, rango etario, nivel educacional e iniciación de actividades.
- **Sección 2:** Manejo agronómico. Consideró aspectos relacionados con tecnología de producción, manejo nutricional y sistema de riego utilizado por los agricultores en sus cultivos.
- **Sección 3:** Situación Fitosanitaria y su manejo. Consideró la distribución de los agricultores entrevistados según nivel de utilización de la estrategia Manejo Integrado de Plagas (MIP) para el control de plagas; grado de conocimiento de los plaguicidas autorizados por cultivo; acreditación otorgada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), para aplicadores de plaguicidas; grado de utilización de equipo de protección personal; nivel de conocimiento de conceptos críticos asociados al uso de plaguicidas; disponibilidad de equipamiento de primeros auxilios; grado de reconocimiento de artrópodos y enfermedades asociadas a los cultivos; productos fitosanitarios utilizados por los agricultores para el control de plagas y/o enfermedades; criterios de aplicación de plaguicidas.
- **Sección 4:** Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Esta sección incluyó nivel de certificación de los predios con BPA, grado de utilización de registros, instalaciones y protocolos de higiene personal, bodega exclusiva para plaguicidas y manejo de envases vacíos de plaguicidas.

Actividad 5: Recopilación de información en terreno

Una vez definido el tamaño de la muestra, se procedió aplicar las encuestas en las explotaciones donde se cultivaba tomate y lechuga en la región de Atacama.

En este sentido, se entrevistó un total de 94 agricultores dedicados a la producción de tomate para consumo fresco y/o lechuga, distribuidos entre las provincias de Copiapó y Huasco (**Cuadro 11**). Cabe destacar que, algunos productores entrevistados mencionaron producir ambas especies hortícolas en su explotación. Sin embargo, los antecedentes fueron recopilados y analizados de forma separada.

Cuadro 11. Número de encuestas aplicadas, según provincia y especie.

Especies cultivadas por explotación	Provincias	
	Copiapó	Huasco
	Número total de explotaciones proyectadas	
Lechuga	4	2
Tomate	29	45
Tomate y Lechuga	9	5
Total Provincia	42	52
Total General	94	

Fuente: Censo Agropecuario 2007.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGRICULTORES ENCUESTADOS

Alejandro Layana S.

Ingeniero Agrónomo

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

claudio.salas@inia.cl

Distribución de los encuestados según relación con la propiedad

La información recolectada a través de la encuesta indicó el tipo de tenencia de la propiedad donde se establecen los cultivos y quién es el responsable de las labores agrícolas, ya que fueron aplicadas directamente a las personas que se encontraban en el predio ejecutando alguna labor.

La **Figura 4** indica que el mayor porcentaje de los encuestados son propietarios (47%), o bien, arrendatarios (43%) de las explotaciones donde ejecutan su actividad agrícola. Tendencia similar se observa a nivel provincial, donde los propietarios y arrendatarios son actores relevantes, ya que representan el mayor porcentaje de menciones. La misma tendencia se observa en el estudio realizado por Quiroz et. al., (2017), "Análisis de información primaria relacionada con la producción de hortalizas de hoja en Chile (lechuga, espinaca y acelga)", desarrollado en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, donde el 41% de los entrevistados manifestaron ser propietarios, infiriendo que el rubro es desarrollado principalmente por pequeños productores que ejecutan directamente las labores agrícolas.

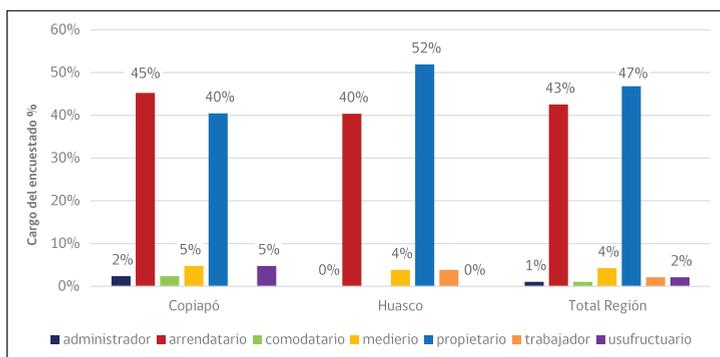


Figura 4. Distribución de encuestas (%) según relación del encuestado con la propiedad, región de Atacama, 2018.

Con respecto a la distribución de los encuestados en la región y según la superficie total de la explotación agrícola (**Figura 5**), se puede indicar que el mayor porcentaje corresponde al rango de 1 a 5 ha, representando el 60% de las menciones. Similar tendencia, se observa a nivel provincial donde el mayor porcentaje de las explotaciones se encuentran en el mismo rango.

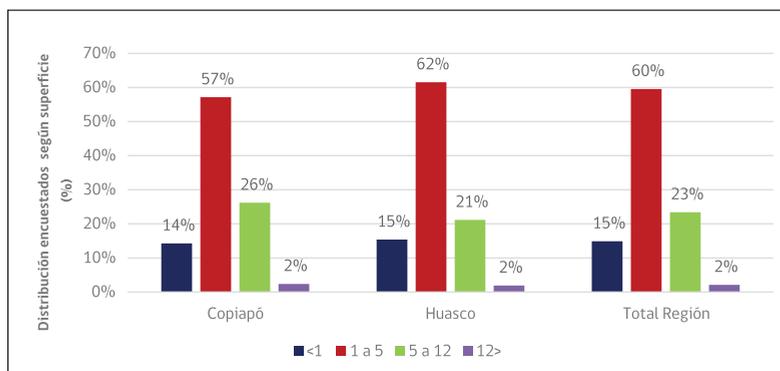


Figura 5. Distribución de encuestados (%) según superficie total de explotación agrícola, región de Atacama, 2018.

En relación con la superficie efectiva destinada por cultivo (**Figura 6**), en la comuna de Copiapó el 79 y 92% de las explotaciones dedicadas a la producción de tomate para consumo fresco y lechuga respectivamente, destinan menos de una hectárea para la producción de estos cultivos. Tendencia similar se observa en la comuna de Huasco, donde gran parte de los predios catastrados destinaban menos de una hectárea de superficie para la producción de tomate y lechuga, lo que es coincidente con la información de CCIRA-CIREN (2015), que menciona que el 52 y 60% de la superficie de las comunas de Copiapó y Huasco al aire libre con especies hortícolas, concentran explotaciones menores o iguales a una hectárea. Esto indica un alza a la tendencia de los agricultores de la región a trabajar en predios pequeños, propios o arrendados en forma autónoma, con el objetivo de producir hortalizas al aire libre que tienen una buena salida en el mercado de la región, sin necesidad de poseer iniciación de actividades, otros trabajadores, y percibir una renta que le permita paliar sus gastos y reinvertirlos en la temporada siguiente.

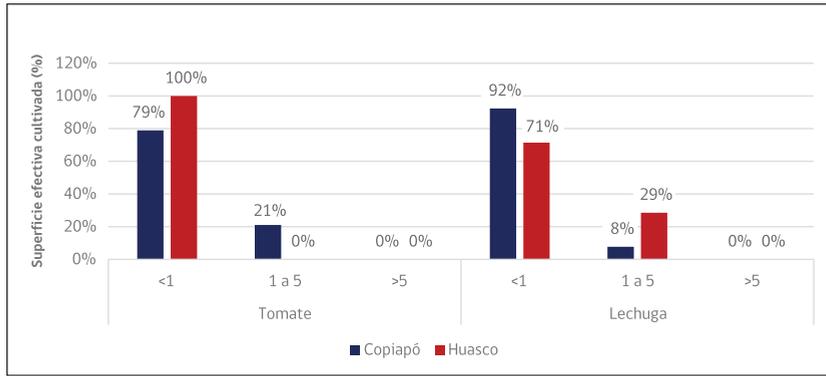


Figura 6. Distribución de encuestados (%) según superficie efectiva cultivada de tomate y lechuga por temporada, región de Atacama, 2018.

Distribución de encuestados según rango etario

Al clasificar a los agricultores entrevistados en 4 grupos según su rango etario, se puede observar, la existencia de tres grupos dominantes en la región de Atacama (**Figura 7**). El primer grupo corresponde a aquellos productores que están en el rango etario “igual o mayor de 60 años” con un 46%. Mientras que el segundo grupo comprende a aquellos agricultores que pertenecen al rango “igual o mayor de 50 años y menor de 60 años” con un 34% de las menciones. El tercer grupo, corresponde a productores que están en el rango “igual o mayor de 35 años y menor de 50 años”. Por último, el grupo de agricultores que está en el rango “menor de 35 años” representa el menor porcentaje del total de los entrevistados, con un 1% de participación.

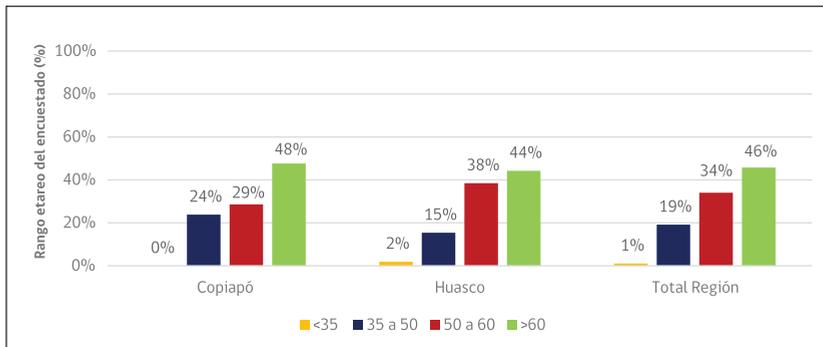


Figura 7. Distribución de encuestados (%) según rango etario, región de Atacama, 2018.

Igual situación describen Quiroz et. al., (2017), donde el 68% de los productores de hortalizas de hojas encuestados en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana tienen sobre los 50 años. En este sentido, estos mismos autores indican que el escaso recambio de agricultores se debe al poco interés de la población joven en tomar el relevo, emigrando en busca de actividades más rentables.

CIREN (2017), en el estudio “Diagnóstico Territorial de la Situación Hortícola de la región de O’Higgins, señala que los productores de hortalizas de dicha región se concentran principalmente en dos rangos de edad, estando el 24,6% entre los 40 y 50 años y el 21,3% en el rango de 65 años.

El envejecimiento progresivo de los pequeños agricultores es una tendencia que se observa en las distintas zonas productivas del país. En este sentido, INDAP (2014) en el documento “Lineamientos Estratégicos 2014-2018”, señala que una de las causas que impide el ingreso de nuevos agricultores jóvenes a la actividad, se debe a la dificultad para acceder a tierras, quedándose sólo la alternativa de ejercer como trabajadores no remunerados en la explotación familiar, o bien, como asalariados en otras explotaciones agropecuarias. Además, en la actualidad los jóvenes del mundo rural poseen mayores niveles de escolaridad que sus padres agricultores, por lo que están optando por trabajos con mayores perspectivas económicas, generando una emigración de sus lugares de origen.

Distribución de encuestados según nivel educacional

La **Figura 8**, muestra la distribución de los encuestados según su nivel educacional en la región de Atacama. Al analizar la información recopilada, se puede indicar que el 53% de los agricultores manifestó poseer sólo educación básica “completa o incompleta”. Mientras que el 13% tiene educación media incompleta. De esta forma, el 66% de los agricultores entrevistados presentan un nivel de escolaridad incompleta, es decir, poseen menos de 12 años de escolaridad. De esta forma, el porcentaje de agricultores entrevistados con sólo educación básica en la región de Atacama (52%) se asemeja a lo descrito para los agricultores de hortalizas de hojas de las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana (53%) (Quiroz et. al. 2017). El mismo caso se observa en el estudio CIREN (2017), realizado a productores de hortalizas en la región de O’Higgins, donde un porcentaje superior al 50% de los agricultores encuestados poseía sólo educación básica, ya sea completa o incompleta.

En este sentido, INDAP (2014), señala que el acceso de la Agricultura Familiar Campesina (AFC), a tecnologías e innovación es una de las brechas que impide contribuir a la sustentabilidad de la actividad agrícola.

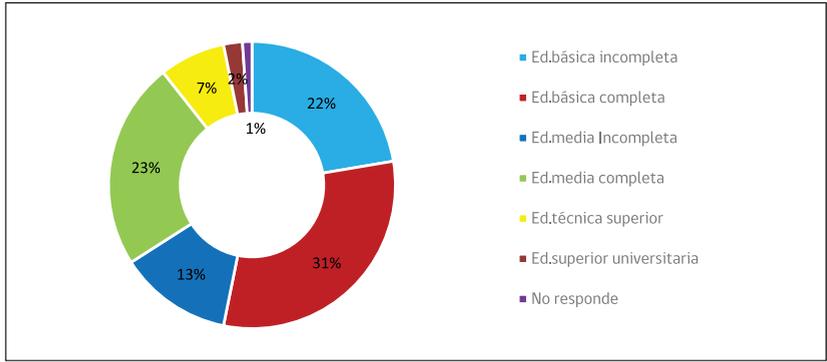


Figura 8. Distribución de encuestados (%) según nivel educacional, región de Atacama.

Distribución de encuestados según iniciación de actividades

En la **Figura 9** se observa que el 46% de los agricultores entrevistados en la región de Atacama, indicó no tener iniciación de actividades.

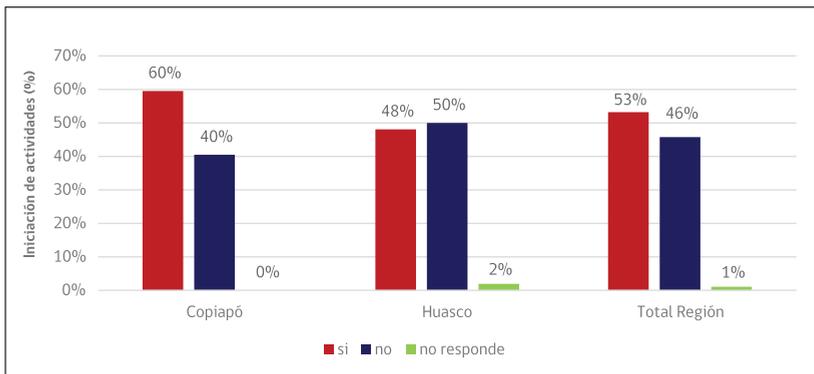


Figura 9. Distribución de encuestados (%) según iniciación de actividades, región de Atacama, 2018.

Conclusiones

El estudio presentado evidencia que la producción de tomate y lechuga de la región de Atacama es desarrollada por agricultores predominantemente mayores de sesenta años, los que además poseen baja escolaridad. Se puede concluir de lo anteriormente citado, que la competitividad de sus negocios se ve afectada negativamente al poseer una menor capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos y a las nuevas tendencias del mercado, limitando de esta forma su desarrollo económico.

Gran parte de los productores no considera esencial para el funcionamiento de su actividad económica y la comercialización de sus productos la iniciación de actividades, operando por tanto a través de mercados informales generando de esta forma dependencia hacia los agentes intermediarios de comercialización.

CAPÍTULO 4

MANEJO AGRONÓMICO

Alejandro Layana S.

Ingeniero Agrónomo

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

claudio.salas@inia.cl

Los recursos suelo y agua son elementos esenciales para el desarrollo de la actividad agrícola. Sin embargo, un uso no racional de estos recursos a través de prácticas agrícolas inadecuadas puede causar efectos negativos desde los puntos de vista: económico, social y ambiental. De esta manera, el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, el laboreo intensivo de los suelos y sistemas de riegos de baja eficiencia, entre otros, pueden modificar las propiedades de los suelos contribuyendo a la salinización, erosión, compactación, disminución del contenido de materia orgánica, aumentando la desertificación y la pérdida de la productividad de los suelos agrícolas (Pérez, 2004).

Tecnología de producción

La **Figura 10** muestra la distribución de la superficie cultivada por los agricultores encuestados en la región de Atacama, en relación con las tecnologías de producción utilizadas para cada especie. De esta forma, el sistema mayormente utilizado por los agricultores, tanto para la producción de tomate destinado para consumo fresco (88,1%) como de lechuga (99,6%), corresponde al aire libre. En este sentido, ambas especies se cultivan bajo condiciones abiertas, sin un control de las condiciones climáticas y siendo susceptible al ataque de plagas de importancia económica. No obstante, un 9,3% de la superficie destinada a la producción de tomate para consumo fresco se cultiva bajo invernadero, con el fin de abastecer el mercado local entre los meses de agosto y octubre.

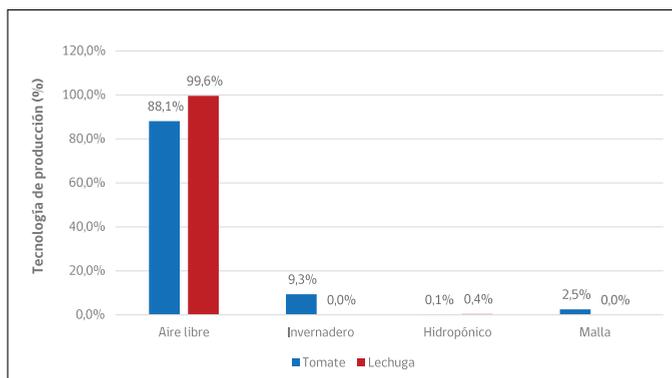


Figura 10. Distribución de superficie cultivada (%) según tecnología de producción de cultivos, por especie hortícola, región de Atacama, 2018.

Sistema de producción

En relación con el sistema de producción utilizado por los agricultores, la superficie destinada a la producción orgánica de tomate y lechuga posee un bajo porcentaje de adopción, representando el 1 y 2% respectivamente, de la superficie total catastrada (**Figura 11**). Además, hay que destacar que aquellos agricultores que manifestaron producir de forma orgánica no contaban con certificación.

Los resultados son coincidentes con lo señalado por ODEPA (2017), en la publicación "Agricultura Orgánica: agosto 2017", en que se establece que en la región de Atacama no existe agricultura certificada como orgánica. De igual forma, Quiroz et al. (2017), señalan que, del total de predios hortícolas catastrados en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, solo el 2% es aparentemente manejado con protocolos de producción orgánica. Sin embargo, ninguno contaba con certificación.

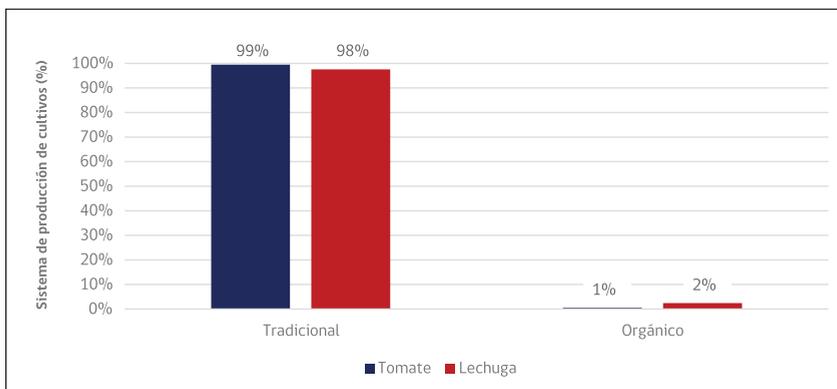


Figura 11. Distribución de superficie cultivada (%) según sistemas de producción de cultivos, región de Atacama, 2018.

Manejo nutricional

El manejo nutricional es una de las herramientas de mayor importancia en un sistema agrícola, ya que afecta directamente la productividad de los cultivos. Asimismo, existe estrecha relación entre la fertilidad del suelo y los insectos plagas. Nicholls y Altieri (2006), indican al respecto que tanto un déficit como un exceso nutricional favorecen el desarrollo de plantas susceptibles al ataque de organismos plagas como enfermedades y/o insectos. Excesos de nitrógeno por ejemplo se asocian al desarrollo de sistemas radiculares débiles y a plantas con tejidos blandos mayormente susceptibles al ataque de artrópodos fitófagos.

Las aplicaciones excesivas de nutrientes alteran además la calidad de los suelos al provocar desbalances nutricionales y contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Ortega, 2016). De esta forma, es importante que la aplicación de los fertilizantes se realice en función de los requerimientos del cultivo y según la disponibilidad de nutrientes en el suelo. De ahí que el análisis de suelo corresponde a una de las herramientas fundamentales para evaluar su fertilidad y su capacidad productiva para así elaborar un programa de fertilización. La **Figura 12** evidencia que sólo el 14% de los agricultores encuestados en la región de Atacama realizaban análisis de suelos para la elaboración de un programa de fertilización. De esta forma, queda en evidencia que gran parte de los agricultores fertilizan de forma deficiente sus cultivos.

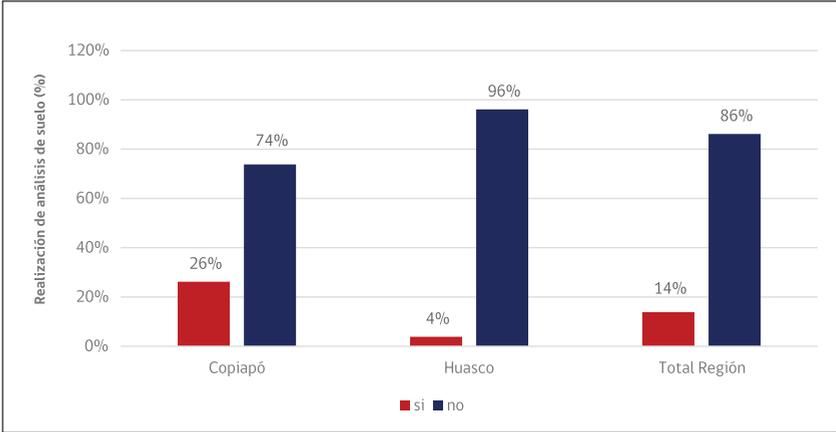


Figura 12. Distribución de encuestados (%) según realización de análisis de suelos, región de Atacama, 2018.

En relación con la determinación de la dosis de fertilizantes a aplicar, el 50% de los agricultores entrevistados lo hace según su experiencia, el 2% se basa en otros (sin identificar) y el 14% no responde la pregunta. Mientras tanto, el 33% de los productores se basa en las indicaciones del asesor, quien en algunos casos utiliza como referencia el análisis de suelo suministrado por el agricultor. Por último, menos del 1% de los agricultores utiliza análisis de suelos para la determinación de las dosis de nutrientes a aplicar (**Figura 13**).

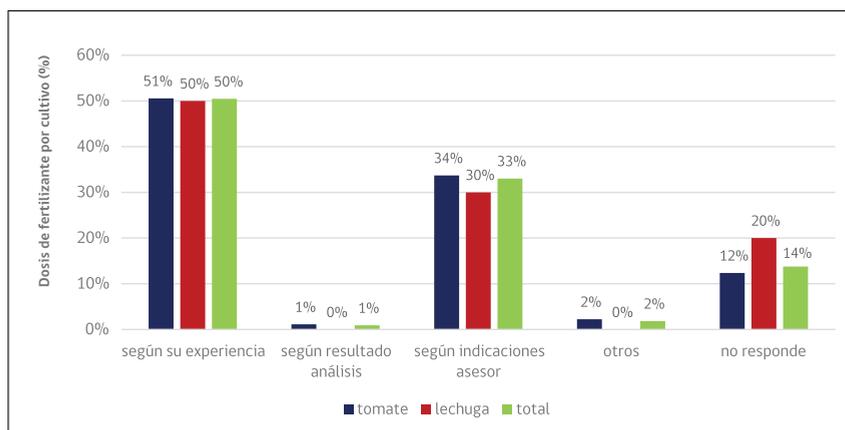


Figura 13. Distribución de Encuestados (%) Según Determinación de Dosis de Fertilizante por cultivo, región de Atacama, 2018.

La tendencia señalada también se observó con los productores de hortalizas de hojas en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, donde el 63% de los agricultores entrevistados manifestaron determinar la dosis de fertilización según su propia experiencia (Correa y Elgueta, 2017).

Se concluye que un bajo porcentaje de los pequeños productores de hortalizas en la región consideran el análisis de suelo como una herramienta fundamental para el manejo sustentable de la nutrición de sus cultivos. Por lo tanto, surge la necesidad de capacitar a los agricultores en la utilización e interpretación de los análisis de suelos, con el fin de mejorar la eficiencia de fertilización de sus cultivos.

Riego

La agricultura es la principal actividad consumidora de agua al utilizar el 84% del recurso como derechos consuntivos. Pero los recursos hídricos vienen dando señales de agotamiento, debido a los efectos del cambio climático y el aumento desmedido de la demanda por la agricultura y por otras actividades económicas (ODEPA, 2017). Por tanto, el uso racional del agua es fundamental para el desarrollo de una agricultura sustentable en la región de Atacama. De este modo, la protección y el uso eficiente del recurso hídrico, tanto de cauces superficiales como mantos subterráneos, es esencial para el logro de este desafío.

Fuente de agua de riego

La **Figura 14** muestra la distribución de los encuestados en relación con la fuente de agua utilizada para el riego de sus cultivos. En este sentido, en las explotaciones catastradas en la provincia del Huasco las principales fuentes son de origen superficial (canales), con un 77% de participación. El restante 23% de los encuestados mencionaron utilizar aguas de origen subterráneo (pozo-noria). Similar tendencia se observó en las explotaciones catastradas en la provincia de Copiapó, donde 59% de los agricultores encuestados mencionaron utilizar fuentes de agua de origen superficial y el restante 41% de los encuestados señaló utilizar fuentes de aguas subterráneas. Por lo tanto, queda en evidencia que más de la mitad del riego en la región de Atacama (69%) se efectúa con fuentes superficiales de agua. El 31% restante proviene de fuentes de aguas subterráneas (**Figura 14**).

La situación descrita en la región de Atacama se diferencia con otras zonas productoras de hortalizas, como por ejemplo la región de Coquimbo donde menos del 5% de las explotaciones hortícolas utilizan aguas de origen subterráneo (Correa y Elgueta, 2017). En la región del Libertador General Bernardo O'Higgins sólo el 2,93% de los predios destinados a la horticultura se riega con aguas subterráneas (CIREN, 2017).

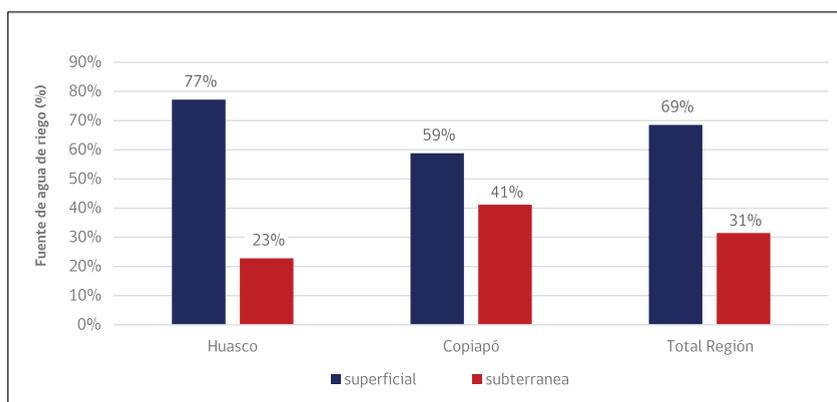


Figura 14. Distribución de encuestados (%) según fuente de agua para el riego, región de Atacama, 2018.

Sistema de riego

La **Figura 15** permite conocer los sistemas de riego utilizados en los cultivos de tomate y/o lechuga. Se observa que, en la provincia de Copiapó, el sistema de riego por goteo presenta el mayor porcentaje de utilización con un 69%, mientras que el riego por surco sólo representa el 31%. En Huasco, el 56% de los agricultores utiliza el sistema de riego por surco y el 44% riego por goteo en sus cultivos.

Al comparar los datos obtenidos con lo señalado por Correa y Elgueta (2017), se concluye que en la región de Atacama el mayor porcentaje de horticultores utiliza riego por goteo en sus cultivos (56%), siendo muy superior al caso de los productores de hortalizas de hojas de la región de Coquimbo (21%).

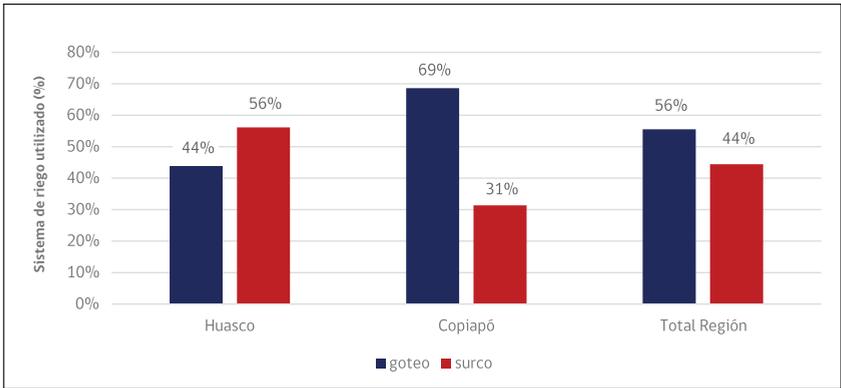


Figura 15. Distribución de encuestados (%) según sistema de riego en sus cultivos, región de Atacama.

Conclusiones

El bajo nivel de utilización de análisis de fertilidad de suelos como herramienta para la elaboración de programas de fertilización se traduce en aplicaciones de fertilizantes bajo o sobre lo requerido, con el consecuente impacto económico.

Es preocupante que en el adverso panorama hídrico por el que atraviesa la región de Atacama, exista una proporción importante de agricultores que utilicen sistemas de riego poco eficientes como es el sistema de riego por surcos.

Es necesario fomentar entre los agricultores, preferentemente productores de lechugas, la postulación a programas gubernamentales para acceder a financiamiento del estado para la tecnificación de sus sistemas de riego.

CAPÍTULO 5

SITUACIÓN FITOSANITARIA

Alejandro Layana S.

Ingeniero Agrónomo

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

claudio.salas@inia.cl

Manejo Integrado de Plagas

El concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) se origina en California, EE. UU., en la década de los 50 a raíz de la necesidad de incorporar en los métodos de control de plagas aspectos ambientales y de seguridad, debido a la evidencia científica de los efectos negativos del uso indiscriminado de los plaguicidas sobre el ambiente, cultivos y salud de las personas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), define al MIP como “la cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para combatir las plagas y la posterior integración de medidas apropiadas que disminuyen el desarrollo de poblaciones de plagas y mantienen el empleo de plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y que reducen al mínimo los riesgos para la salud humana y el ambiente”.

El MIP corresponde a una estrategia que considera todos los métodos de control disponibles, con el fin de disminuir las poblaciones de insectos plagas bajo el umbral de daño económico y minimizar los efectos adversos de los plaguicidas en la salud de las personas y el medioambiente. En este contexto, la **Figura 16** indica la distribución de los agricultores de Atacama, con respecto a la aplicación de la estrategia MIP en sus sistemas productivos hortícolas. En este sentido, un 96% de los encuestados mencionó no aplicar manejo integrado de plagas.

Al comparar estos resultados con los señalados por Quiroz et al. (2017), para agricultores de hortalizas de hoja de las regiones Metropolitana (74%) y Valparaíso (11%), queda en evidencia el bajo nivel de conocimiento de estrategia de mitigación de plagas.

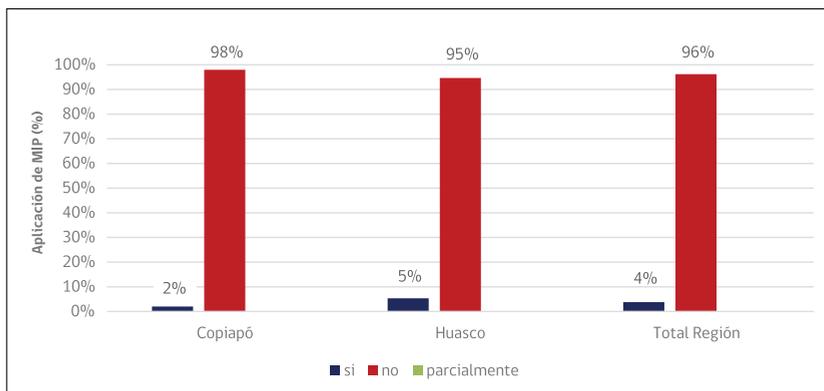


Figura 16. Distribución de encuestados (%) respecto a aplicación de MIP, región de Atacama, 2018.

Con respecto al grado de conocimiento de enemigos naturales de plagas, un 4% de los agricultores mencionó identificarlos, un 25% mencionó identificar algunas especies, mientras que el 71% de los encuestados indicó no identificarlos (**Figura 17**).

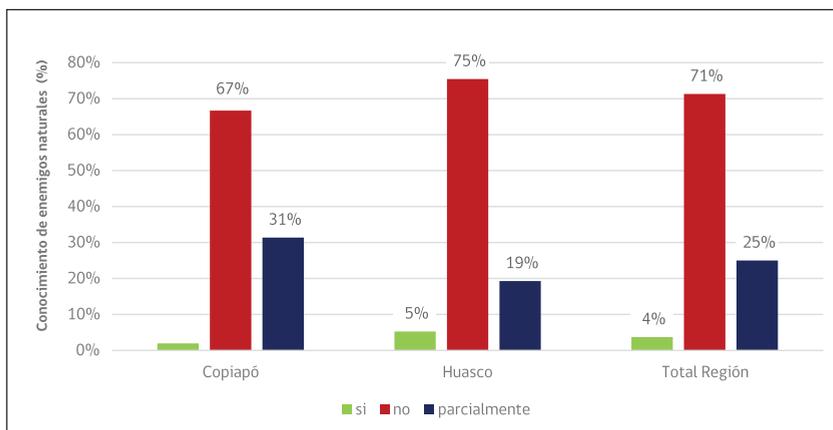


Figura 17. Distribución de encuestados (%) respecto a conocimiento de enemigos naturales de plagas, región de Atacama, 2018.

Los resultados expuestos permiten concluir que existe un escaso uso de las estrategias MIP en los sistemas productivos hortícolas y un gran desconocimiento en la identificación de enemigos naturales de plagas de importancia económica. De esto se infiere que la aplicación calendarizada de plaguicidas sintéticos es la principal y casi exclusiva medida de control de plagas utilizada por los horticultores de la región de Atacama.

Uso de Plaguicidas

Un plaguicida, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), se define como “cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, repeler o mitigar una plaga”. Del mismo modo, según la normativa vigente en Chile, se define como “cualquier sustancia, mezcla de ellas o agente destinado a ser aplicado en el medio ambiente, animales o plantas, con el objeto de prevenir, controlar o combatir organismos capaces de producir daños a personas, animales, plantas, semillas u objetos inanimados” (MINSAL, 2005).

La **Figura 18** evidencia la distribución de los encuestados según el grado de conocimiento de los plaguicidas autorizados por cultivo. En este sentido, la mayor parte de los productores manifestó tener conocimiento de los plaguicidas autorizados para el cultivo.

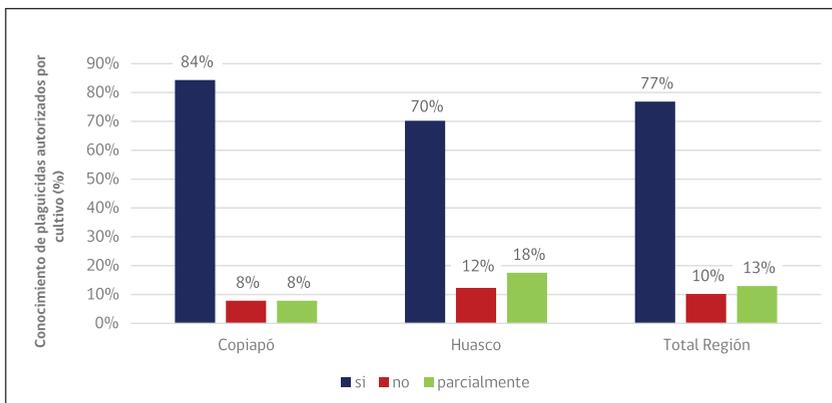


Figura 18. Distribución de encuestados (%) respecto a conocimiento de plaguicidas autorizados por cultivo, región de Atacama, 2018.

Aplicadores acreditados de plaguicidas

Los plaguicidas constituyen la principal herramienta para el control de plagas cuando su nivel poblacional se encuentra sobre el umbral de daño económico, sin embargo, cuando son manipulados y aplicados de forma incorrecta pueden representar un riesgo para la salud tanto de los aplicadores, como de los habitantes de las zonas rurales y de los consumidores. Además, afectan el ambiente, contaminan suelos y aguas.

Con el fin de prevenir las consecuencias del uso inadecuado de los plaguicidas, el Ministerio de Agricultura (2002) y el Ministerio de Salud (2016), indican la necesidad que los trabajadores que tengan entre sus funciones la aplicación de plaguicidas sean capacitados en el uso correcto de éstos. Si bien la capacitación antes citada no tiene carácter de obligatoriedad, ante la fiscalización en terreno por parte del SAG o MINSAL, los trabajadores deben demostrar haber sido capacitados en el uso correcto de plaguicidas a través de un relator competente que abarque los contenidos mínimos establecidos por el SAG en Resolución Exenta 2029 de 2017. En relación con este punto en particular en la **Figura 19** se observa que de los agricultores encuestados que realizan aplicaciones de plaguicidas 65% no posee capacitación formal en el uso correcto de plaguicidas.

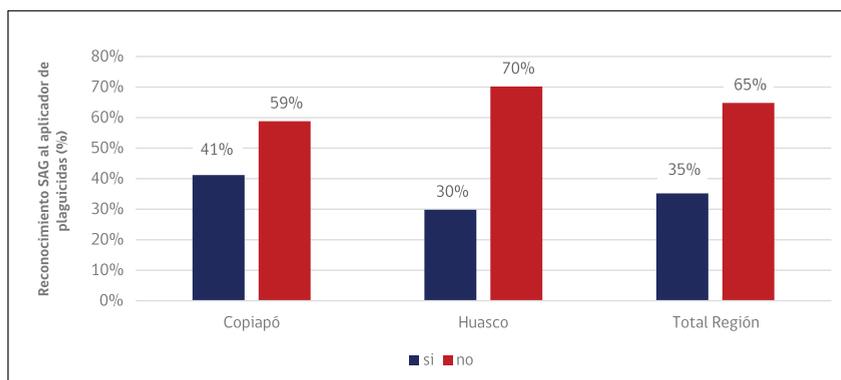


Figura 19. Distribución de encuestados (%), respecto a la capacitación en uso y manejo de plaguicidas, región de Atacama, 2018.

Uso de equipo de protección personal

La aplicación de plaguicidas, sin considerar el uso de estos implementos de seguridad, aumenta las probabilidades de provocar daños agudos o crónicos a la salud de los aplicadores. En la **Figura 20** se observa que el 44,4% de los productores mencionó utilizar de forma completa el equipo de protección personal, mientras que el 49,1% manifestó utilizarlos de forma parcial. Por último, el 6,5% de los productores indicó no utilizar elementos de seguridad en las aplicaciones. Se concluye que el 55,6% de los horticultores entrevistados en la región no utiliza el equipo de protección personal tal como lo exige la normativa del SAG al respecto, no dando cumplimiento al decreto ley N°3.557, de 1980.

Los resultados expuestos señalan que existe un alto riesgo de intoxicación (aguda o crónica) en este grupo de agricultores, debido al uso y manejo inadecuado de plaguicidas. Diversos estudios han demostrado que una exposición prolongada a plaguicidas aumenta la tasa de enfermedades crónicas como cáncer, diabetes, trastornos neurodegenerativos y reproductivos. De esta forma, surge la necesidad de aumentar la cobertura de capacitaciones y transferencia técnica en el uso y manejo de equipos de protección personal a los agricultores en la región, con el fin de reducir el riesgo asociado al uso de plaguicidas.

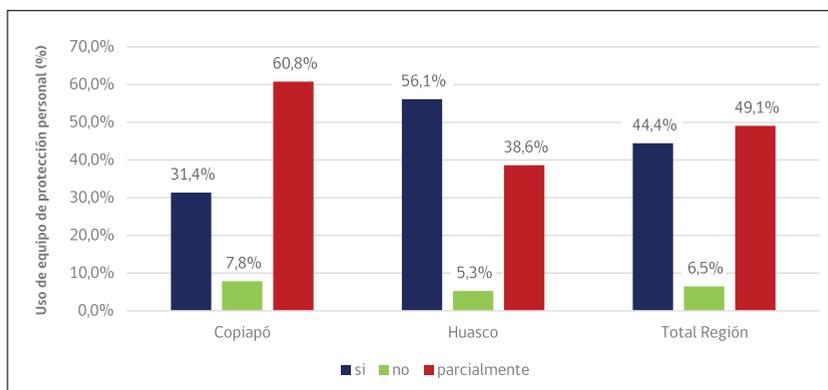


Figura 20. Distribución de encuestados (%), respecto al uso de equipo de protección personal, región de Atacama, 2018.

Grado de conocimientos respecto de conceptos críticos asociados al uso de plaguicidas

Otro de los puntos importantes a considerar, corresponde a conceptos claves que están directamente relacionados con el uso de los plaguicidas y que en la actualidad se encuentran regulados bajo legislación. Los conceptos que el agricultor debe manejar y considerar son: Periodo de Carencia, Tiempo de Reingreso y Límite Máximo de Residuos (LMR). Estos conceptos deben ser interpretados y respetados por el aplicador, productor y trabajadores, si los hubiere, y considerarlos al momento de hacer reingreso al área tratada y al momento de cosecha del producto a comercializar.

La **Figura 21** muestra la distribución de los encuestados en relación con el grado de conocimiento de los conceptos Periodo de Carencia, Reingreso y Límite Máximo de Residuo (LMR). La encuesta evidencia que el 88 y 67% de los agricultores mencionó conocer los conceptos periodo de carencia y reingreso respectivamente. Sin embargo, sólo un 19% de los entrevistados mencionó conocer el concepto LMR.

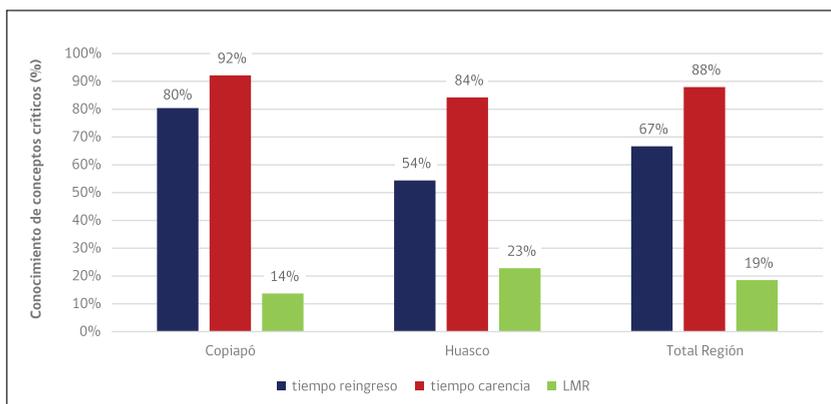


Figura 21. Distribución de encuestados (%) según el grado de conocimiento de conceptos críticos, región de Atacama, 2018.

Disponibilidad de equipamiento de primeros auxilios

La disponibilidad de un equipamiento de primeros auxilios en el predio es indispensable ante una emergencia por intoxicaciones y/o quemaduras producidas por el desconocimiento, mala manipulación y/o errores de almacenamiento de los plaguicidas. La **Figura 22** muestra que el 87% de los agricultores no cuenta en su lugar de trabajo con un botiquín de primeros auxilios. Queda en evidencia que un gran porcentaje de las explotaciones agrícolas dedicadas a la producción de hortalizas en la región no cumple con lo establecido en DTO. 594/1999 del Ministerio de Salud y en los protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

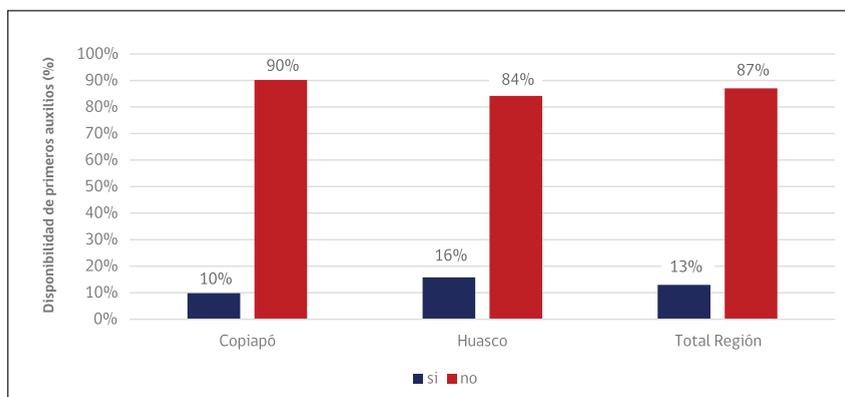


Figura 22. Distribución de encuestados (%) respecto a disponibilidad de elementos de primeros auxilios en predios, región de Atacama, 2018.

Grado de reconocimiento de los artrópodos presentes en los cultivos

Uno de los puntos considerados en el levantamiento de información corresponde a la identificación de los insectos plagas de importancia económica que afectan directamente los cultivos evaluados. Al respecto, se observa en la Figura 23 que el 73% de los productores de tomate identifica los insectos plagas de importancia económica para el cultivo. Por otra parte, el 26% de los agricultores los identifica de forma parcial y sólo el 1% señaló que no los identifica. Caso contrario ocurre con los productores de lechuga, donde sólo el 15% de los entrevistados señaló identificar las plagas de importancia económica para el cultivo. Por su parte, el 70% de productores identifica las plagas de forma parcial. Por último, el 15% de los encuestados no las reconoce. Por lo tanto, queda en evidencia la necesidad de generar instancias de capacitación a los pequeños productores de lechuga en la región.

Se concluye que el 62% del total de los horticultores entrevistados en la región de Atacama identifica los insectos plagas que afectan a sus cultivos. Tendencia similar señala Quiroz et al. (2017), entre los productores de hortalizas de hojas entrevistados en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, ya que el 69% señala que identifica a las plagas asociadas a sus cultivos.

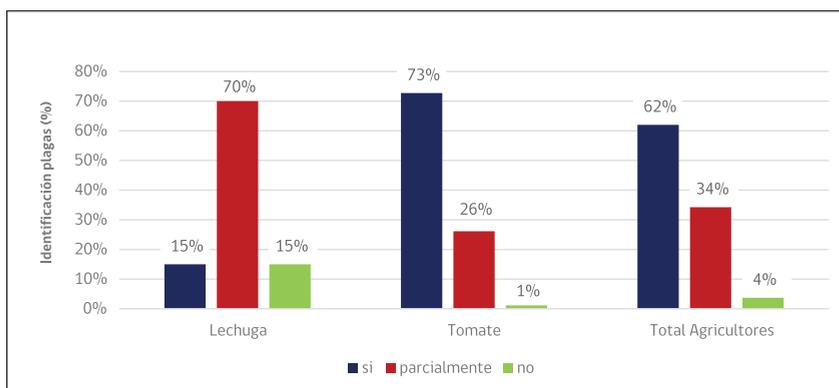


Figura 23. Distribución de encuestados (%) según identificación de plagas en cultivos evaluados, región de Atacama, 2018.

Análisis por especie

En los siguientes gráficos, se describe la distribución de los encuestados en relación con los insectos plagas asociados a los cultivos hortícolas en estudio y los plaguicidas utilizados comúnmente para su control.

Cultivo de tomate

Artrópodos identificados como plagas en tomate

Se observa en la **Figura 24** que gran parte de los agricultores identifica a la polilla del tomate (48%), y la mosquita blanca de los invernaderos (40%), como las principales plagas de importancia económica asociada al cultivo. En menor porcentaje, señalan a la mosca minadora (2%) y ácaros (2%), entre otras.

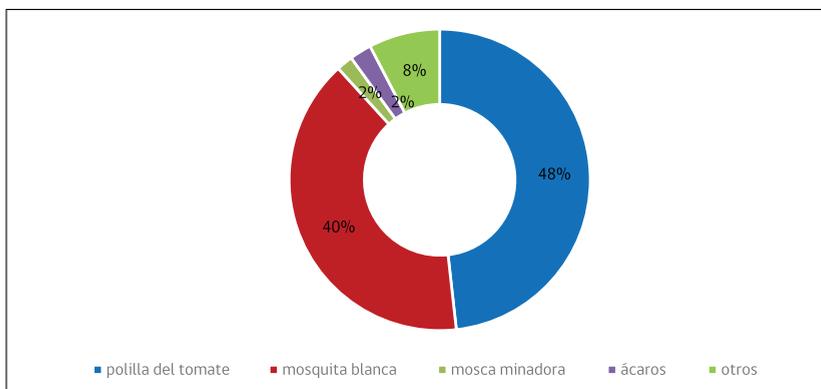


Figura 24. Distribución de encuestados (%) según los principales artrópodos identificados en tomate, región de Atacama, 2018.

Grupo químico de plaguicidas utilizados para el control de artrópodos identificados en el cultivo de tomate

Los agricultores entrevistados, fueron consultados sobre los insecticidas utilizados comúnmente para el control de las principales plagas que afectan al cultivo de tomate. En este sentido, la **Figura 25** indica que los grupos químicos mayormente utilizados corresponden a aquellos que pertenecen a los grupos químicos de los Arilpirroles (20%), Carbamatos (14%), Piretroides (10%), Neonicotinoides (9%) y Organofosforados (7%).

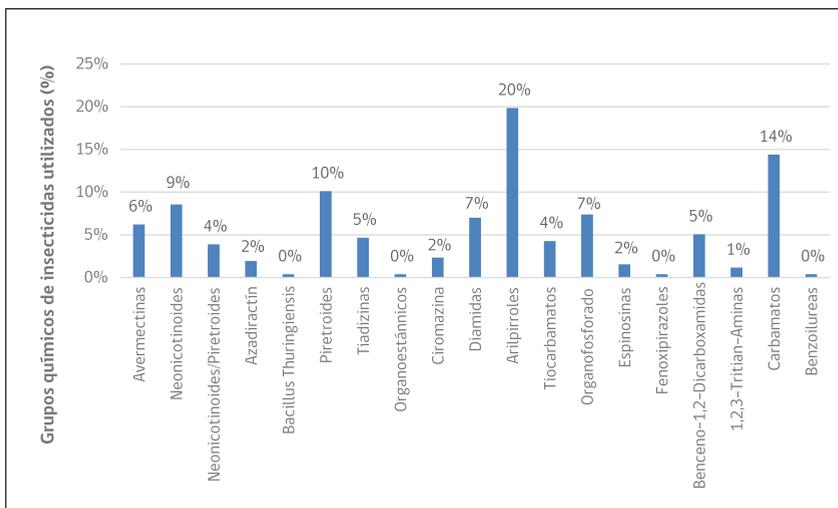


Figura 25. Distribución de encuestados (%) según grupos químicos de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en tomate, región de Atacama, 2018.

La mayor proporción de uso de insecticidas del grupo de los Arilpirroles (20%) se asocia exclusivamente al producto comercial Sunfire 240 SC (i.a. Clorfenapir) (**Figura 27**), el cual es utilizado desde al menos quince años para el control de la polilla del tomate en la producción de tomates en la región de Atacama. En muchas oportunidades los agricultores no consideran rotación de este con otros ingredientes activos poniendo en riesgo la eficacia del producto y favoreciendo la aparición de resistencia. Lamentablemente no existen a nivel local estudios de determinación de la existencia de fenotipos resistentes a este ingrediente activo.

De los grupos químicos más utilizados en la producción de tomates en la región de Atacama, actualmente los más cuestionados corresponden a Carbamatos y Organofosfatos existiendo diversas publicaciones científicas que señalan que la exposición prolongada a insecticidas pertenecientes a estos grupos químicos incluso a bajas concentraciones, generan efectos adversos en la salud, tales como malformaciones congénitas, cáncer, diabetes y deterioro cognitivo. Un estudio efectuado en la región de Coquimbo demostró una alta prevalencia de deterioro cognitivo en individuos expuestos de manera crónica (trabajadores agrícolas y población aledaña) a este grupo químico de insecticidas (Corral et al. 2017). Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar e implementar nuevas alternativas de control de plagas en los sistemas productivos hortícolas en la región de Atacama, con el fin de reducir el riesgo para la salud de la población expuesta a los productos señalados.

Respecto del grupo químico Neonicotinoides, existen cuestionamientos a su utilización a nivel mundial por el impacto que estos generan en abejas (Woodcock et al. 2017).

Ingredientes activos más utilizados para el control de artrópodos identificados en el cultivo de tomate

La **Figura 26** evidencia el tipo de ingredientes activos comúnmente utilizados por los productores de tomate entrevistados en la región de Atacama para el control de plagas de importancia económica. En este contexto, los de mayor uso corresponden a Clorfenapir (20%), Metomilo (14%), Lambda Cihalotrina (9%) y Clorantraniliprol (7%).

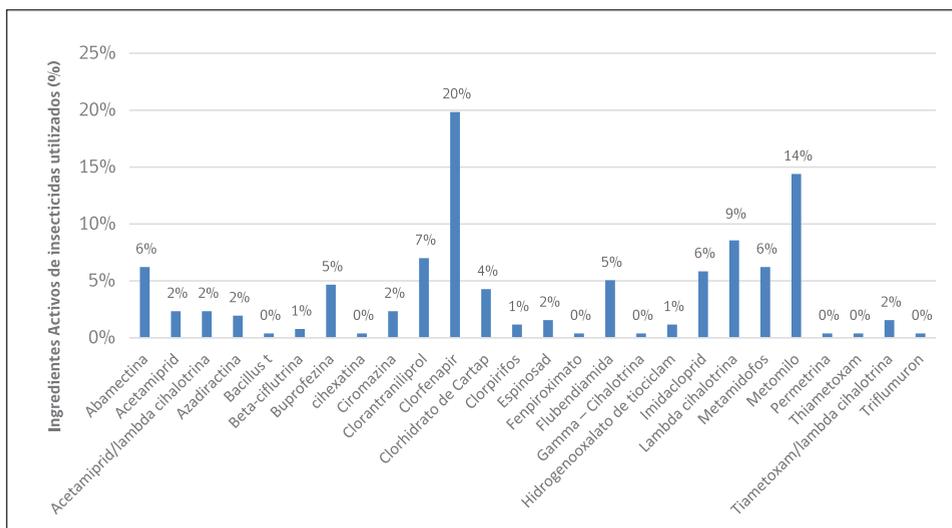


Figura 26. Distribución de encuestados (%) según ingredientes activos de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en tomate, región de Atacama, 2018.

Con el fin de comparar el impacto ambiental de los plaguicidas utilizados por los agricultores entrevistados, se utilizó como referencia el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ por sus siglas en inglés) propuesto por Kovach et al. (1992), cuya fórmula consta de tres componentes o subtemas: EIQ trabajador agrícola, EIQ consumidor y EIQ ecológico, los cuales al ser promediados arrojan un único valor EIQ para el ingrediente activo. Cada valor del coeficiente resultante se clasifica como muy bajo (EIQ<25), bajo (EIQ<50), moderado (EIQ= 50-99), alto (EIQ=100-199) y muy alto (EIQ > 200).

El **Cuadro 12** refleja los EIQ de los ingredientes activos utilizados con mayor frecuencia por los agricultores para el control de plagas asociadas al cultivo de tomate. Se observa que todos los productos presentan un bajo EIQ. Sin embargo, al analizar los componentes del EIQ de cada ingrediente activo, Clorfenapir y Lambda Cihalotrina destacan por presentar elevados EIQ ecológicos, por lo que su utilización frecuente afectaría negativamente la abundancia de insectos polinizadores y enemigos naturales en los agroecosistemas.

Cuadro 12: Coeficiente de Impacto Ambiental EIQ de los principales ingredientes activos utilizados para el control de Artrópodos asociados al cultivo de tomate.

Ingrediente Activo	EIQ Consumidor	EIQ Trabajador Agrícola	EIQ Ecológico	EIQ Total
Clorfenapir	8,87	8,62	120,81	46,1
Metomilo	11	6	49	22,0
Lambda Cihalotrina	3,45	20,7	108,35	44,2
Clorantraniliprol	6,45	6,9	41,66	18,3

Fuente: Kovach et al. 1992.

Productos comerciales más utilizados para el control de artrópodos identificados en el cultivo de tomate

En relación con la distribución de los productos comerciales utilizados por los agricultores (**Figura 27**), se evidencia que los productos con mayor número de menciones corresponden a: Sunfire 240 EC (i.a. Clorfenapir) (20%), seguido por Balazo 90 SP (i. a. Metomilo) (13%), Coragen (Clorantraniliprol) (7%) y Applaud 40 SC (i.a. Buprofezina) (5%).

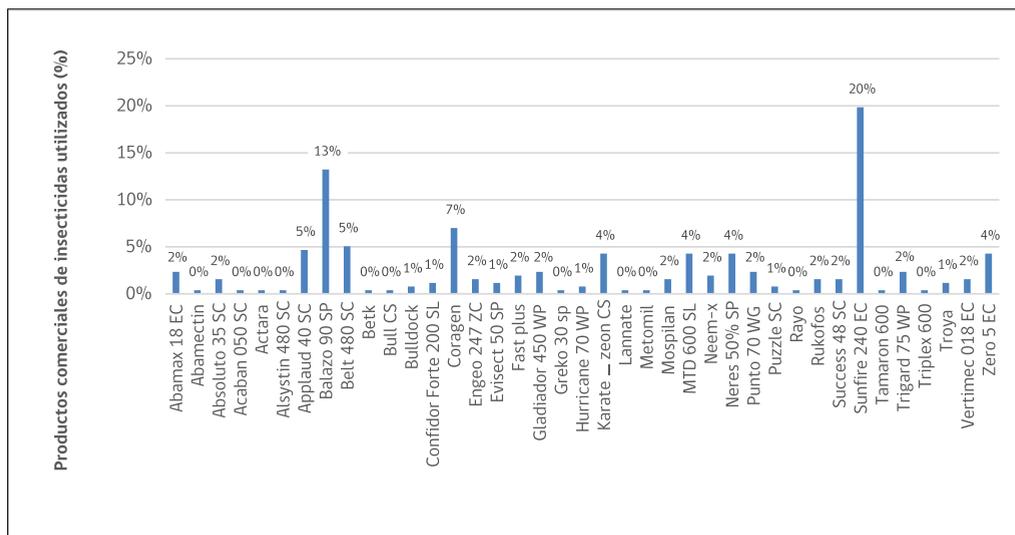


Figura 27. Distribución de encuestados (%) según productos comerciales de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en tomate, región de Atacama, 2018.

Criterio de aplicación de los plaguicidas para el control de artrópodos en el cultivo de tomate

La **Figura 28**, señala el criterio de aplicación de los plaguicidas utilizados por los agricultores entrevistados para el control de artrópodos en el cultivo de tomate. Se desprende que el 78% utiliza el criterio de aplicación “por fechas o calendario” el cual se caracteriza por aplicaciones a intervalos regulares de tiempo, por ejemplo, aplicaciones cada 7 días, sin considerar en momento alguno la presencia de la plaga en el cultivo. El restante 22% mencionó utilizar el criterio “presencia de insectos” para la realización de aplicaciones de insecticidas, sin embargo, este criterio no es considerado correcto técnicamente dentro de un programa de manejo integrado de plagas ya que no considera los umbrales de daño de las plagas ni tampoco la presencia de biocontroladores o enemigos naturales. Por lo tanto, se puede indicar que un gran porcentaje de los productores de tomate para consumo fresco realiza aplicaciones de insecticidas de forma calendarizada, sin considerar el nivel poblacional de los insectos plagas, trayendo consigo un número excesivo de aplicaciones por temporada.

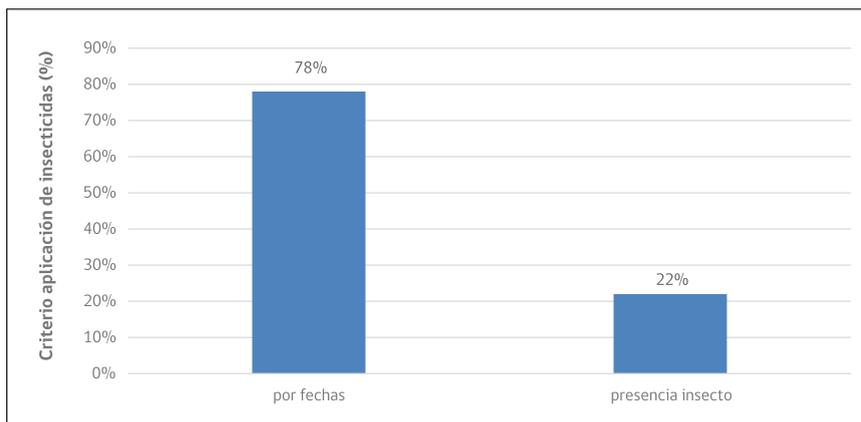


Figura 28. Distribución de encuestados (%) según criterio de aplicación de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en tomate, región de Atacama, 2018.

Cultivo de Lechuga

Artrópodos identificados como plagas en lechuga

Los artrópodos identificados por los productores de lechuga entrevistados se muestran en la **Figura 29**, siendo la principal plaga identificada por los agricultores el pulgón (77%), seguido por trips (9%), ácaros (9%) y mosquita blanca (5%). Cabe destacar que los ácaros no corresponden a una plaga de importancia económica en lechuga, por lo que puede existir una incorrecta identificación del artrópodo por parte de los agricultores. Esto concuerda con lo mostrado en la **Figura 29** ya que sólo el 15% de los productores identifica las plagas de importancia económica en lechuga.

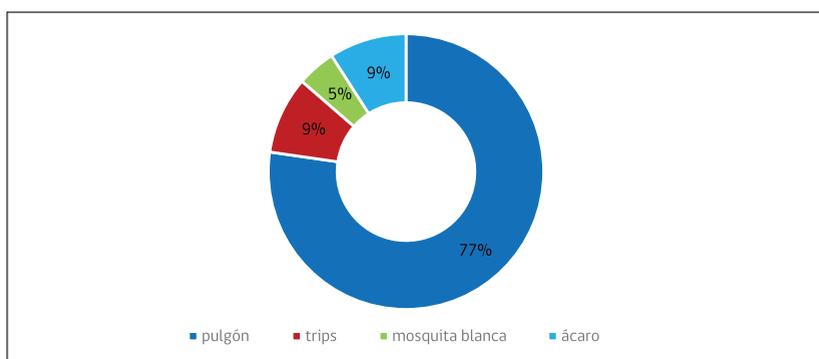


Figura 29. Distribución de encuestados (%) según los principales artrópodos identificados en lechuga, región de Atacama, 2018.

Grupo químico de plaguicidas utilizados para el control de artrópodos identificados en el cultivo de lechuga

Al ser consultados los agricultores sobre los insecticidas utilizados para el control de artrópodos en lechuga (**Figura 30**), se concluye que el mayor porcentaje de menciones corresponden al grupo químico de los Neonicotinoides/Piretroides (33%) (producto comercial que mezcla dos ingredientes activos, seguido por los Organofosforados (20%), Piretroides (20%) y Carbamatos (13%). Los insecticidas pertenecientes a los grupos químicos de los Organofosforados y Carbamatos ocupan el segundo y cuarto lugar de las menciones respectivamente, representando ambos el 33% de las preferencias en igual proporción registrada para los neonicotinoides. De este modo, es indispensable el desarrollo y transferencia técnica de nuevas alternativas de control de plagas a los horticultores de la región, con el fin de reducir y/o reemplazar el uso de estos productos fitosanitarios, debido al riesgo que representan para la salud de la población expuesta (trabajadores agrícolas, población aledaña y consumidores).

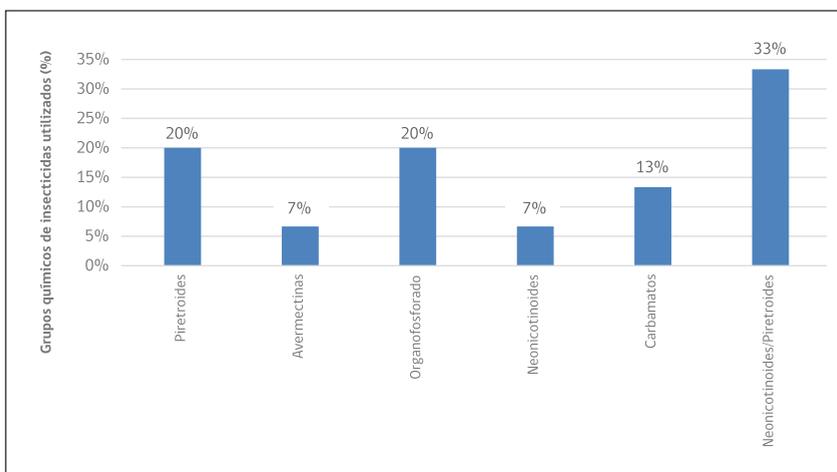


Figura 30. Distribución de encuestados (%) según grupos químicos de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en lechuga, región de Atacama, 2018.

Ingredientes activos más utilizados para el control de artrópodos identificados en el cultivo de lechuga

Los ingredientes activos utilizados por los agricultores para el control de artrópodos en lechuga se observan en la **Figura 31**. Los que recibieron un mayor número de menciones fueron Tiametoxam/Lambda Cihalotrina (33%) (producto comercial que combina ambos ingredientes activos), Clorpirifos (20%) y Alfa Cipermetrina (13%).

Escenario similar al encontrado en la región de Atacama, lo describen Quiroz et al. (2017) para las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, donde Tiametoxam/Lambda Cihalotrina, correspondió a la mezcla de ingredientes activos de mayor utilización por parte de productores de hortalizas de hojas. Por otra parte, la Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA) a través de la Red de Informaciones de Alertas Alimentarias (RIAL), señala que en lechuga se detectó la mayor cantidad de plaguicidas que exceden los límites permitidos, siendo Clorpirifos uno de los ingredientes activos con mayor frecuencia de detecciones (ACHIPIA, 2017). De igual forma, Muñoz et al. (2014) en su investigación denominada “Vías de exposición a plaguicidas en escolares de la Provincia de Talca” determinó que uno de los residuos de plaguicidas más frecuentes en los vegetales analizados correspondió a Clorpirifos. Por lo que sugiere la elaboración de propuestas de prevención y control de la exposición a este tipo de ingrediente activo, debido al riesgo que representa para la salud de la población (trabajadores agrícolas, consumidores y población aledaña) el uso de organofosforados.

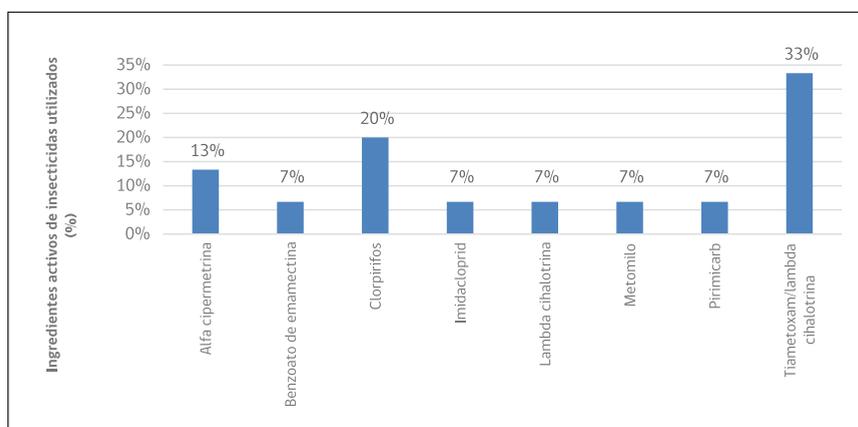


Figura 31. Distribución de encuestados (%) según ingredientes activos de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en lechuga, región de Atacama, 2018.

Al evaluar el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los principales ingredientes activos utilizados por los productores (**Cuadro 13**), se puede indicar que Lambda Cihalotrina/Tiametoxan posee el mayor valor, seguido por Cipermetrina y Clorpirifos, respectivamente. Estos tres ingredientes activos son de amplio espectro de control, por lo que su uso frecuente afecta directamente a insectos benéficos tales como enemigos naturales y polinizadores.

Cuadro 13: Coeficiente de impacto ambiental EIQ de los principales ingredientes activos utilizados para el control de artrópodos asociadas al cultivo de lechuga.

Ingrediente Activo	EIQ Consumidor	EIQ Trabajador Agrícola	EIQ Ecológico	EIQ Total
Clorpirifos	2	6	72,55	26,9
Lambda Cihalotrina/Tiametoxan	15,48	31,05	185,87	77,5
Cipermetrina	5,9	13,8	89,35	36,4

Fuente: Kovach et al. 1992.

Productos comerciales de los plaguicidas más utilizados para el control de artrópodos identificados en el cultivo de lechuga

En la **Figura 32** se evidencia que Engeo 247 ZC (i.a. Lambda Cihalotrina/Tiametoxan) es el producto que posee un mayor porcentaje de uso, con un 33% de las menciones. Posteriormente le siguen Clorpirifos 48% CE (i.a. Clorpirifos) y Point Alfamax 10 EC (i.a. Alfa-cipermetrina), ambos con un 13% de las menciones respectivamente.

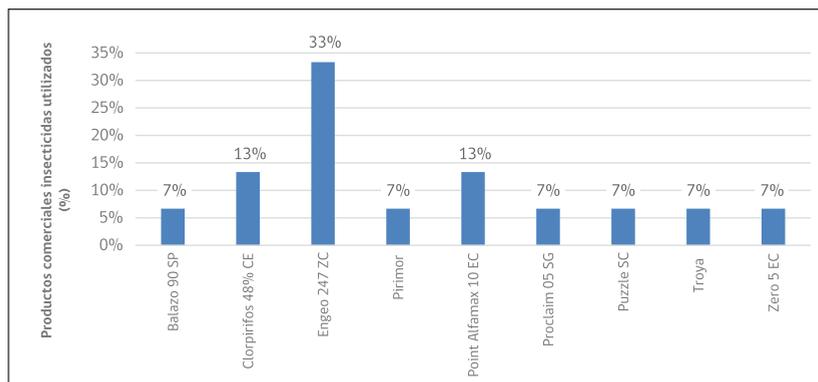


Figura 32. Distribución de encuestados (%) según productos comerciales de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en lechuga, región de Atacama, 2018.

Criterio de aplicación de los plaguicidas para el control de artrópodos en el cultivo de lechuga

La **Figura 33**, señala la distribución de los productores de lechuga encuestados según el criterio de aplicación de los plaguicidas. En este sentido, el 83,3% de las menciones indican utilizar el criterio de aplicación "por fechas". Mientras que el 16,7% indicó utilizar el criterio "por la presencia del insecto".

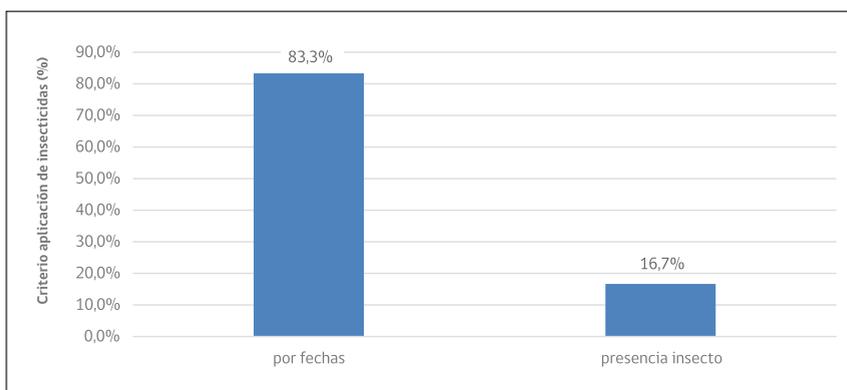


Figura 33. Distribución de encuestados (%) según criterio de aplicación de insecticidas utilizados para el control de artrópodos en lechuga, región de Atacama, 2018.

Control de Enfermedades

Otro de los puntos abordados en las encuestas aplicadas a los agricultores, correspondió a la identificación de las principales enfermedades que afectan frecuentemente a los cultivos de tomate y lechuga en la región de Atacama (**Figura 34**).

Al respecto, se puede apreciar que el 40% de los productores de tomate señaló identificar las principales enfermedades en el cultivo, mientras que el 58% señaló identificarlas de forma parcial y el 2% no las identifica.

Con relación a los productores de lechuga, el 20% señaló identificar las enfermedades asociadas al cultivo, el 35% manifestó identificarlas de forma parcial y el 45% de los agricultores señaló no identificarlas. De esta forma, sólo el 36% del total de los productores entrevistados en la región de Atacama identifica las enfermedades asociadas a sus cultivos, valores que son bajos si se compara con lo señalado por Sepúlveda y Quiroz (2017), donde el 60% de los productores de hortalizas de hojas en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana mencionó identificarlas.

Surge la necesidad de generar instancias de capacitaciones para la correcta identificación de enfermedades asociadas a los cultivos de tomate y lechuga en la región, con el fin de mejorar la eficiencia de control y evitar aplicaciones excesivas de plaguicidas.

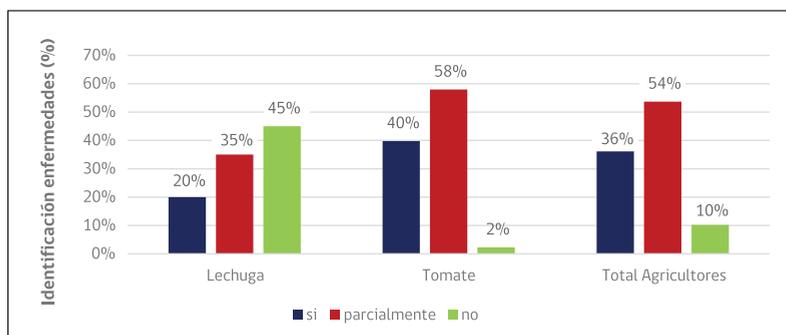


Figura 34. Distribución de encuestados (%) según identificación de enfermedades en cultivos evaluados, región de Atacama, 2018.

Análisis por Especie

A continuación, se realiza un análisis de las principales enfermedades identificadas por los agricultores entrevistados en la región y los fungicidas utilizados para su control.

Cultivo de Tomate

Enfermedades identificadas en tomate

De acuerdo con la **Figura 35**, las principales enfermedades identificadas por los agricultores entrevistados en el cultivo de tomate corresponden a tizón (46%), oídio (16%), botrytis (9%), verticillium (1%) y fusarium (1%).

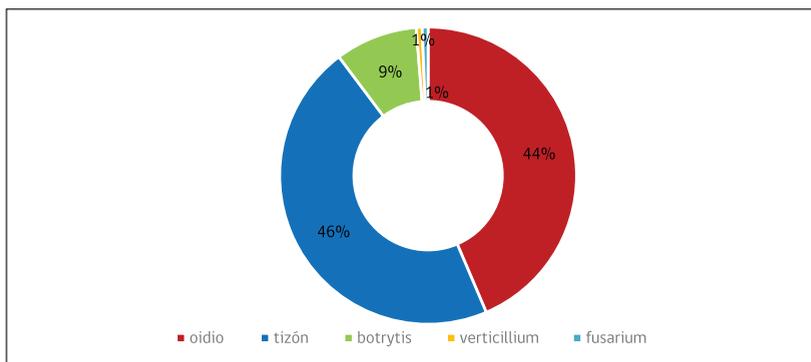


Figura 35. Distribución de encuestados (%) según las principales enfermedades identificadas en tomate, región de Atacama, 2018.

Grupo químico de fungicidas utilizados para el control de enfermedades identificadas en tomate.

La **Figura 36**, señala que los fungicidas pertenecientes al grupo químico de los Triazoles es el que representa un mayor porcentaje de menciones (25%) entre los agricultores. En segundo y tercer lugar se encuentran fungicidas pertenecientes a los grupos químicos de los Calcógenos (21%) y Ditiocarbamatos (12%), respectivamente.

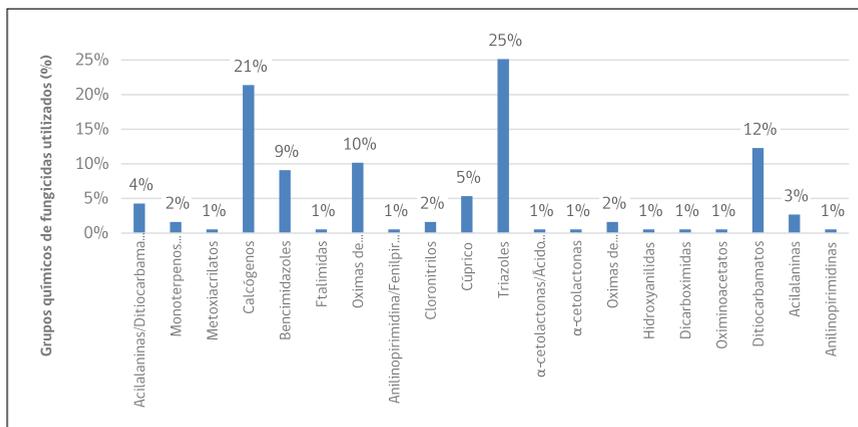


Figura 36. Distribución de encuestados (%) según grupos químicos de fungicidas utilizados para el control de enfermedades en tomate, región de Atacama, 2018.

Ingredientes activos más utilizados para el control de enfermedades identificadas en tomate

La **Figura 37** indica que los ingredientes activos comúnmente utilizados por los productores de tomate en la región son el Azufre, que representa el 21% de las menciones. En segundo y tercer lugar se encuentran Mancozeb con un 12% y el Cimoxanilo/Mancozeb con un 10% de las menciones respectivamente.

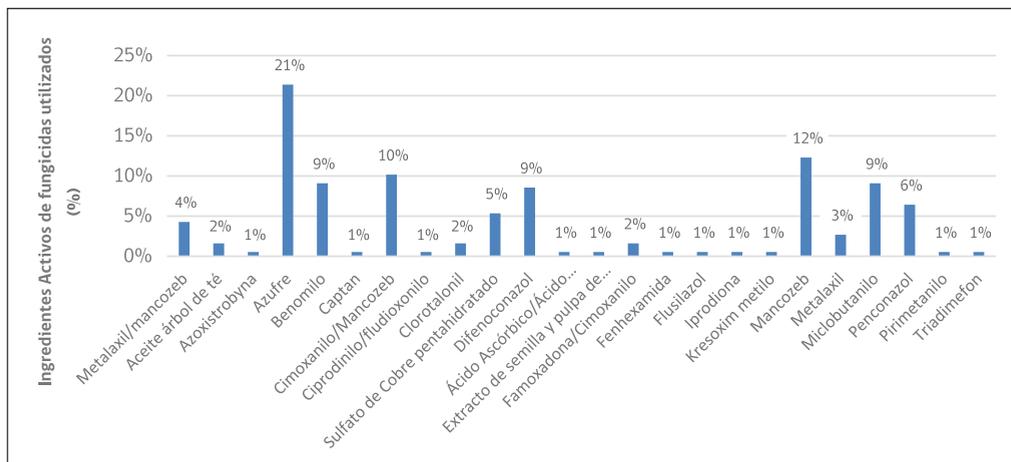


Figura 37. Distribución de encuestados (%) según ingredientes activos de fungicidas utilizados para el control de enfermedades en tomate, región de Atacama, 2018.

Con respecto al Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los ingredientes activos de los fungicidas utilizados con mayor frecuencia por los agricultores entrevistados, se puede indicar que tanto el Azufre como Mancozeb presentan un bajo valor, tal como se observa en el **Cuadro 14**. Entre estos, el más utilizado es Azufre, producto que además es aceptado en producción orgánica. Por último, los productos comerciales cuyo ingrediente activo es Cimoxanilo/Mancozeb presentan un EIQ clasificado como moderado.

Cuadro 14: Coeficiente de Impacto Ambiental EIQ de los principales ingredientes activos de fungicidas utilizados para el control de enfermedades asociadas al cultivo de tomate.

Ingrediente Activo	EIQ Consumidor	EIQ Trabajador Agrícola	EIQ Ecológico	EIQ Total
Azufre	8,29	21,87	67,82	32,7
Mancozeb	8,12	20,25	48,785	25,7
Cimoxanilo/ Mancozeb	29,73	42,12	111,735	61,2

Fuente: Kovach et al. 1992.

Productos comerciales más utilizados para el control de enfermedades identificadas en tomate

Los productos comerciales más utilizados para el control de enfermedades provocadas por hongos se observan en la **Figura 38**. Se aprecia que Azufre mojable es el que representa un mayor porcentaje de menciones entre los agricultores (11%), seguido de Curzate M8 (10%) y en tercer lugar Systhane 2 EC (9%).

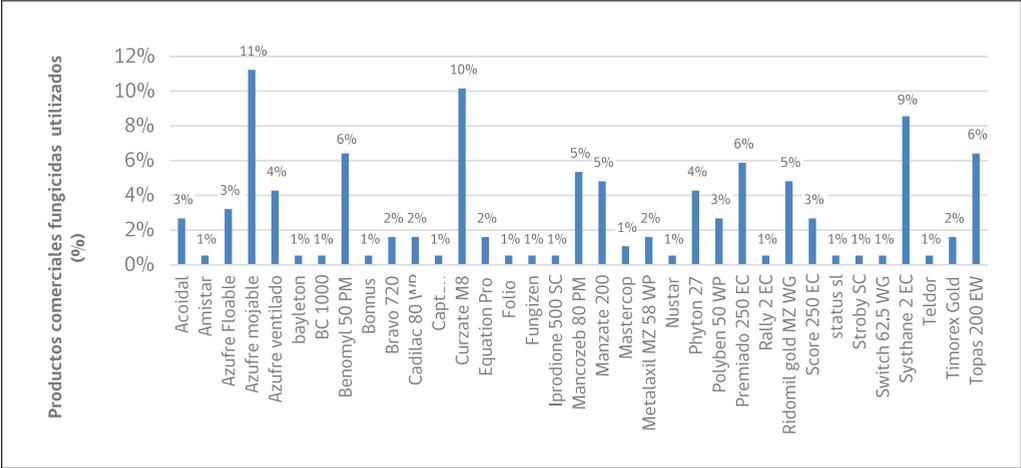


Figura 38. Distribución de encuestados (%) según productos comerciales de fungicidas utilizados, región de Atacama, 2018.

Criterio de aplicación de los fungicidas para el control de enfermedades en tomate

La **Figura 39** indica que el 83% de los productores, mencionan que la aplicación de los fungicidas la realizan de forma calendarizada, mientras que el 17% de los entrevistados indicó que la aplicación se basa en la sintomatología.

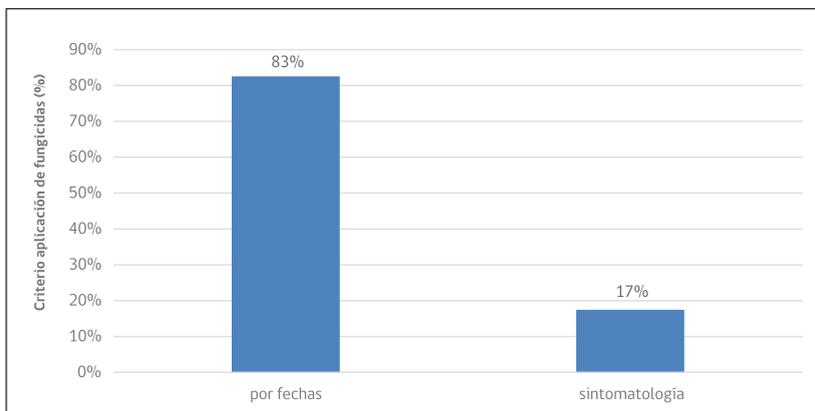


Figura 39. Distribución de encuestados (%) según criterio de aplicación de fungicidas utilizados para el control de hongos en tomate, región de Atacama, 2018.

Cultivo de lechuga

Enfermedades identificadas en lechuga

Al observar la **Figura 40**, se aprecia que el 38% de los entrevistados identifica al virus de la mancha necrótica del impatiens (INSV) como una de las principales enfermedades que afectan al cultivo de lechuga. Del mismo modo 31, 19 y 13% de los agricultores identifican al oídio, mildiú y esclerotinia, respectivamente.

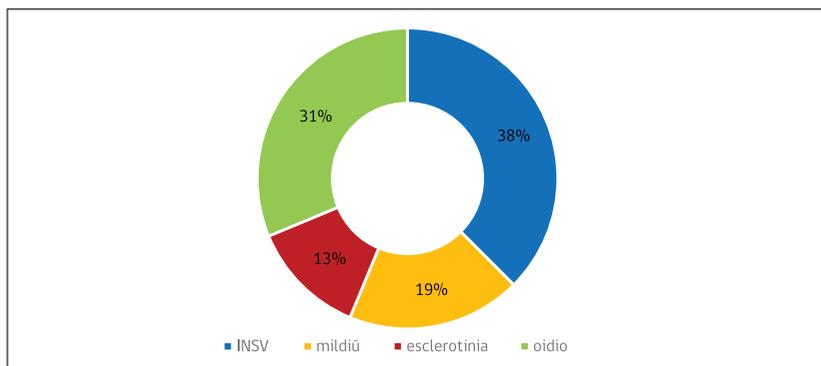


Figura 40. Distribución de encuestados (%) según las principales enfermedades identificadas en lechuga, región de Atacama, 2018.

Grupo químico de fungicidas utilizados para el control de enfermedades identificadas en lechuga

Respecto a los grupos químicos de los fungicidas utilizados por los productores de lechuga entrevistados en la región de Atacama (**Figura 41**), se puede identificar que el 36% de los productos señalados corresponden a Bencimidazoles (36%). Otros de los productos que presentaron un gran porcentaje de menciones pertenecían a los grupos químicos de los Triazoles (21%), Cloronitrilos (14%) y Calcógenos (14%), respectivamente.

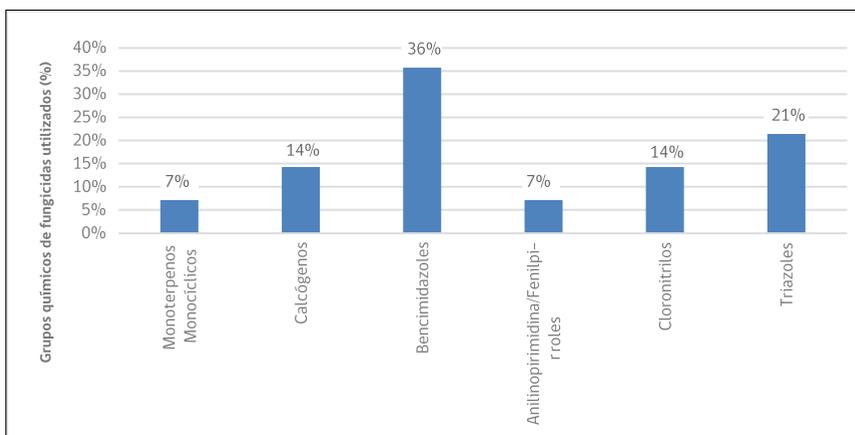


Figura 41. Distribución de encuestados (%) según grupos químicos de fungicidas utilizados para el control de enfermedades en lechuga, región de Atacama, 2018.

Ingredientes activos más utilizados para el control de enfermedades identificadas en lechuga

La **Figura 42** señala que Benomilo, Clorotalonil y Azufre representan el mayor porcentaje de menciones con un 36, 14 y 14%, respectivamente. Al respecto, ACHIPIA (2017) a través del Reporte de Notificaciones 2017 de la Red de Información y Alertas Alimentarias (RIAL), menciona al Clorotalonil como uno de los ingredientes activos que aparece con mayor frecuencia en las hortalizas que presentaron residuos de plaguicidas sobre el límite permitido (LMR). Por lo tanto, se evidencia que existe un amplio uso de los fungicidas cuyo ingrediente activo es Clorotalonil en la producción de hortalizas.

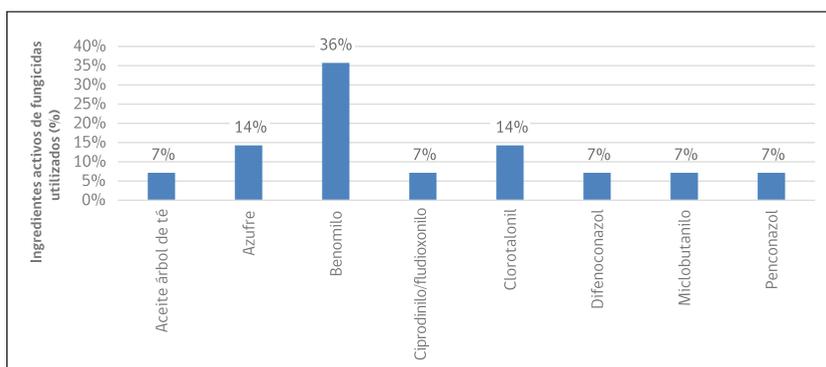


Figura 42. Distribución de encuestados (%) según ingredientes activos de fungicidas utilizados para el control de enfermedades en lechuga, región de Atacama, 2018.

Respecto al Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los ingredientes activos de los fungicidas utilizados con mayor frecuencia por los agricultores entrevistados, se puede indicar que presentaban un bajo impacto (**Cuadro 15**).

Cuadro 15: Coeficiente de Impacto Ambiental EIQ de los principales ingredientes activos de fungicidas utilizados para el control de enfermedades asociadas al cultivo de lechuga.

Ingrediente Activo	EIQ Consumidor	EIQ Trabajador Agrícola	EIQ Ecológico	EIQ Total
Benomilo	13,6	13,8	63,315	30,2
Clorotalonil	11	20	81,25	37,4
Azufre	8,29	21,87	67,82	32,7

Fuente: Kovach et al. 1992.

Productos comerciales de los fungicidas más utilizados para el control de enfermedades identificadas en lechuga

La **Figura 43** indica que Benomyl 50 PM, Bravo 720, y Azufre Floable, son los más utilizados por los agricultores representando el 36, 14 y 14% respectivamente, del total de las menciones. Triazoles (21%), Cloronitrilos (14%) y Calcógenos (14%), respectivamente.

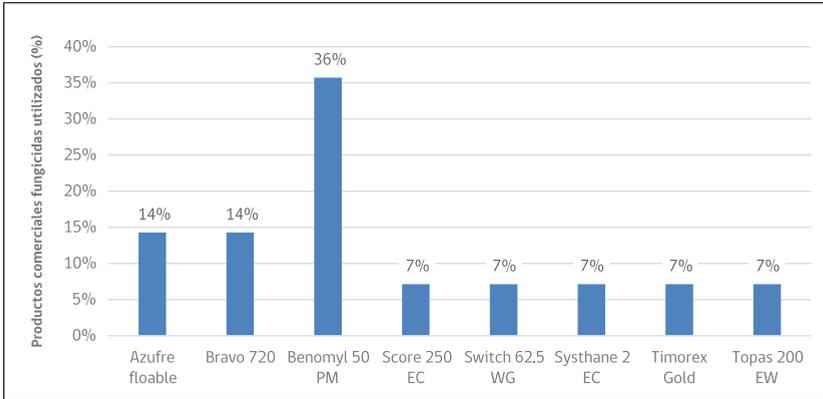


Figura 43. Distribución de encuestados (%) según productos comerciales de fungicidas utilizados para el control de enfermedades en lechuga, región de Atacama, 2018.

Criterio de aplicación de los fungicidas para el control de enfermedades en lechuga

La **Figura 44** señala que el criterio más mencionado corresponde a la aplicación de fungicidas "por fechas", representando el 66,7%, mientras que el 33,3% de los entrevistados señaló realizar la aplicación en base a "sintomatología".

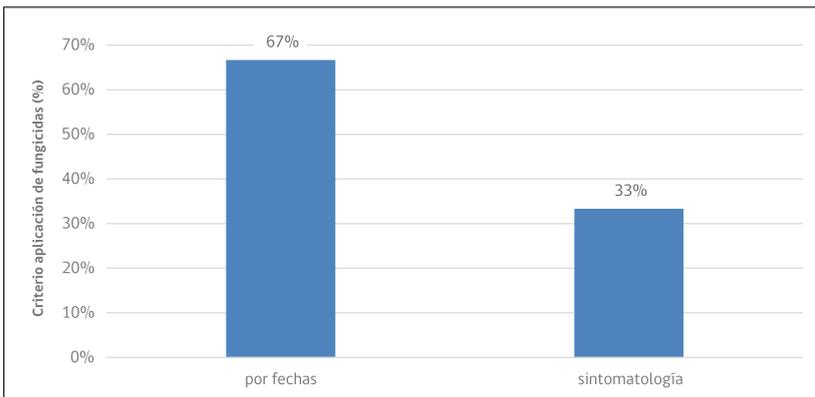


Figura 44. Distribución de encuestados (%) según criterio de aplicación de fungicidas utilizados para el control de hongos en lechuga, región de Atacama, 2018.

Buenas Prácticas Agrícolas

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) corresponden a un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas, orientadas al mejoramiento de las condiciones de sus trabajadores, aseguramiento de la inocuidad de los alimentos producidos en toda la cadena agroalimentaria y la protección del ambiente (Rojas y Valenzuela, 2005). En este contexto es que en el estudio se abordó el grado de implementación de protocolos y sistemas de aseguramiento de la calidad en las explotaciones de los agricultores entrevistados, tales como certificaciones, utilización de registros, instalaciones, protocolos de higiene personal, bodega de plaguicidas y manejo de envases vacíos.

Al observar la **Figura 45** se aprecia que el 100% de los sistemas productivos de tomate y lechuga no cuentan con implementación y/o certificación de Buenas Prácticas Agrícolas. De esta forma, queda en evidencia que los pequeños productores no presentan ventajas competitivas, al no generar productos diferenciados en cuanto a calidad, con la consiguiente dificultad para acceder a mercados de mejores precios. Al respecto Karipidis et al. (2009) mencionan que existen factores internos y externos que pueden afectar la adopción de un sistema de aseguramiento de calidad por parte de las pequeñas empresas de alimentos, por ejemplo, la ausencia de personal calificado para implementar un sistema de aseguramiento de calidad, los administradores no comprenden cabalmente la necesidad de la documentación y la falta de recursos financieros entre otros.

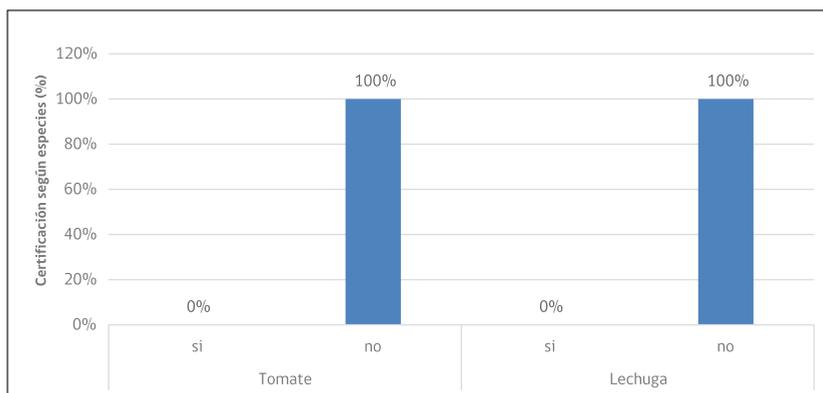


Figura 45. Distribución de encuestados (%) respecto a especie cultivada y certificación del cultivo, región de Atacama, 2018.

En relación con la utilización de registros de trazabilidad para garantizar la inocuidad de los productos (**Figura 46**), el 57 y 40% de los productores de tomate y lechuga respectivamente señaló llevar algún tipo de registros en sus sistemas productivos. Este bajo porcentaje se puede asociar con el bajo nivel de escolaridad de los agricultores, ya que el 53% indicó poseer solo educación básica.

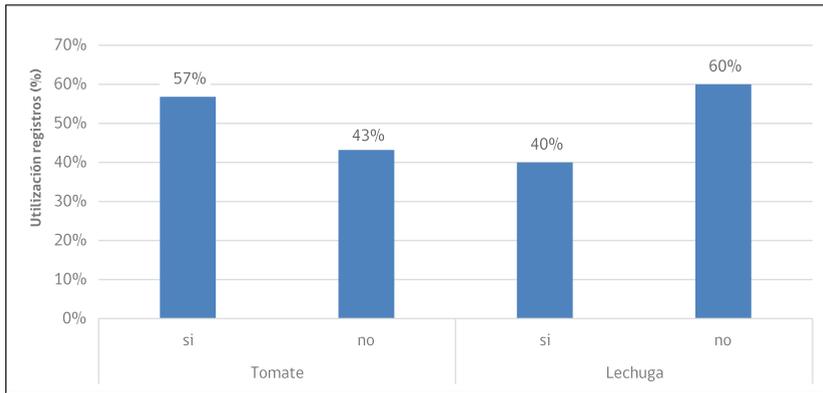


Figura 46. Distribución de encuestados (%) respecto a utilización de registros de trazabilidad según cultivo, región de Atacama, 2018.

La **Figura 47** muestra las actividades comúnmente registradas por los agricultores, con el fin de llevar la trazabilidad de sus sistemas productivos. Los más habituales corresponden a registros de siembra y/o trasplante (45%), registros de producción (30%), registros de aplicación de plaguicidas (20%) y registros de ventas (19%) respectivamente.

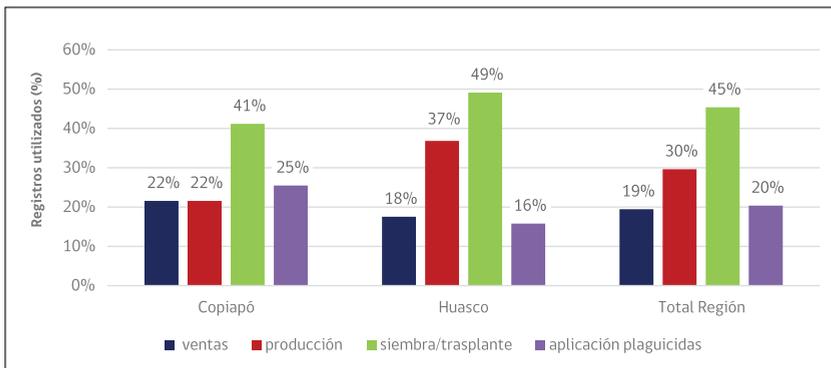


Figura 47. Distribución de encuestados (%) respecto a tipo de registros utilizados, región de Atacama, 2018.

Instalaciones y protocolos de higiene personal

La higiene del personal es fundamental para la obtención de productos inocuos, para lo cual se requiere de adecuadas instalaciones. De este modo, se evaluó la disponibilidad de baños en el predio a menos de 400 metros del área de trabajo, sistema de lavado de manos, presencia de basureros en el predio, sistema de recolección de basura e implementación de un protocolo escrito de higiene personal.

Como se observa en la **Figura 48**, el 49% de los predios visitados no tenía implementada ninguna de las instalaciones mencionadas. Adicionalmente, en ningún predio se encontró disponible un protocolo escrito de higiene personal.

En la provincia de Huasco, el 42% de los predios visitados disponía de baños en los campos, y el 40% de éstos se encontraba ubicado a menos de 400 metros del área de trabajo. Además, el 40% dispone de un sistema de lavamanos. Por último, el 38% de los entrevistados manifestó poseer basurero en el predio y solo el 27% poseer algún sistema de recolección de basura.

En relación con los predios de los agricultores de la provincia de Copiapó, el 31% disponía de baño en el campo y el 26% de éstos se encontraba a menos de 400 metros del área de trabajo. Con respecto a la disponibilidad de lavamanos, el 29% de los predios poseía uno. Por otra parte, el 33% disponía de basurero en el predio y el 26% contaba con un sistema de recolección de basuras.

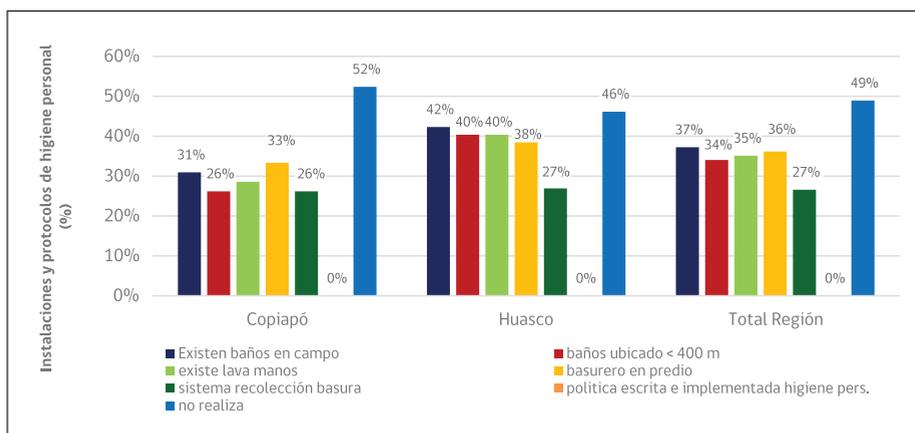


Figura 48. Distribución de encuestados (%) respecto a instalaciones y protocolos de higiene personal en predios, región de Atacama, 2018.

Bodega de plaguicidas

El almacenamiento y manejo seguro de los plaguicidas es una de las obligaciones que se debe cumplir según lo establecido en el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas, decreto N°78, de 2009, del Ministerio de Salud y en los protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas. De esta forma, cualquiera sea la cantidad y características de estos productos fitosanitarios, se deben cumplir ciertas medidas básicas con el fin de disminuir los riesgos tanto para los trabajadores como para el ambiente. La bodega debe ser exclusiva para los plaguicidas, separados de los fertilizantes, del forraje y productos cosechados. Además, debe poseer buena ventilación, con piso impermeable para evitar infiltraciones y sin grietas para facilitar su lavado, entre otras características. Por último, debe estar ubicada en terrenos altos, libre de inundaciones y lejos de corrientes de agua.

La **Figura 49** muestra que en ambas provincias el 33% de los predios contaba con bodegas exclusivas para los plaguicidas, mientras que el 67% de los agricultores los almacenaba en espacios comunes en conjunto con otros productos o materiales, o bien, en cajas cerradas.

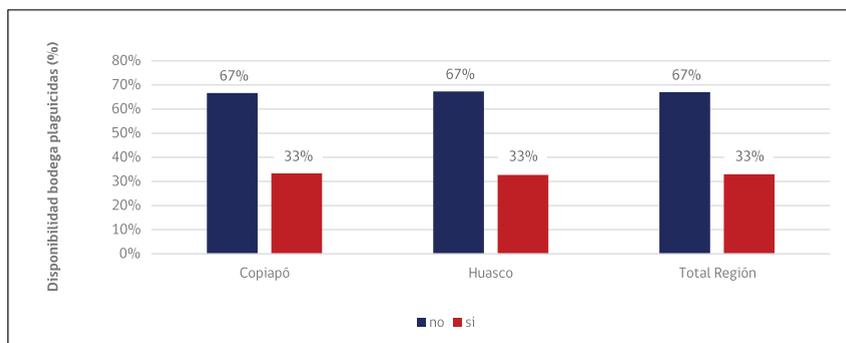


Figura 49. Distribución de encuestados (%) respecto a disponibilidad de bodega exclusiva de plaguicidas en predios, región de Atacama, 2018.

En relación con las características de la bodega exclusiva de plaguicidas la **Figura 50** permite observar que 81% de las bodegas eran de material no combustible, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas, decreto N°78/2009 del Ministerio de Salud y según lo señalado en los protocolos BPA.

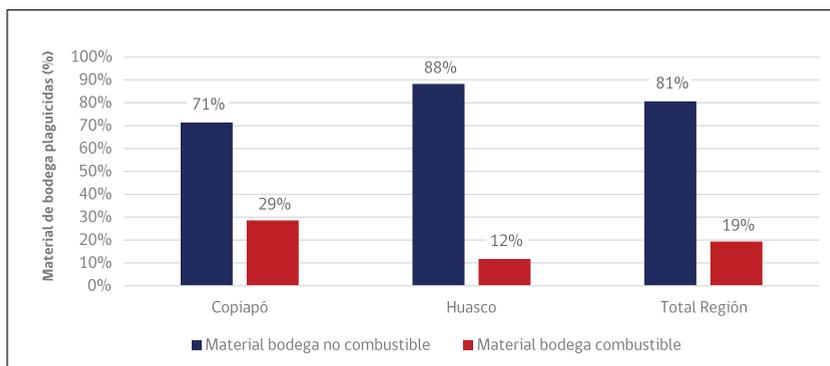


Figura 50. Distribución de encuestados (%) respecto a material de bodega exclusiva de plaguicidas, región de Atacama, 2018.

Manejo de envases vacíos de plaguicidas

La gestión de los residuos y agentes contaminantes corresponde a uno de los puntos de control y criterios que deben cumplir las explotaciones dentro del marco de las BPA. En este contexto, una de las prácticas de manejo de envases vacíos de plaguicidas corresponde al triple lavado, técnica que disminuye el riesgo de contaminación al ambiente y problemas asociados a la salud pública. La **Figura 51** muestra que 65% de los horticultores señaló realizar el triple lavado de los envases, el 54% perfora los envases, el 52% los mantiene sin tapa, el 41% los guarda en un lugar seguro y sólo el 25% los lleva a un centro de acopio.

El 35% de los agricultores manifestó no realizar el tripe lavado. En este sentido, el Ministerio de Salud, a través del Decreto N°148, del 2004, “Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos”, establece en el Artículo 24 que “Los envases de plaguicidas se considerarán residuos peligrosos a menos que sean sometidos al procedimiento de triple lavado y manejados conforme a un programa de eliminación”. Por lo tanto, este porcentaje de productores no estaría cumpliendo con lo establecido en la normativa vigente, estando expuestos a sanciones por la autoridad sanitaria.

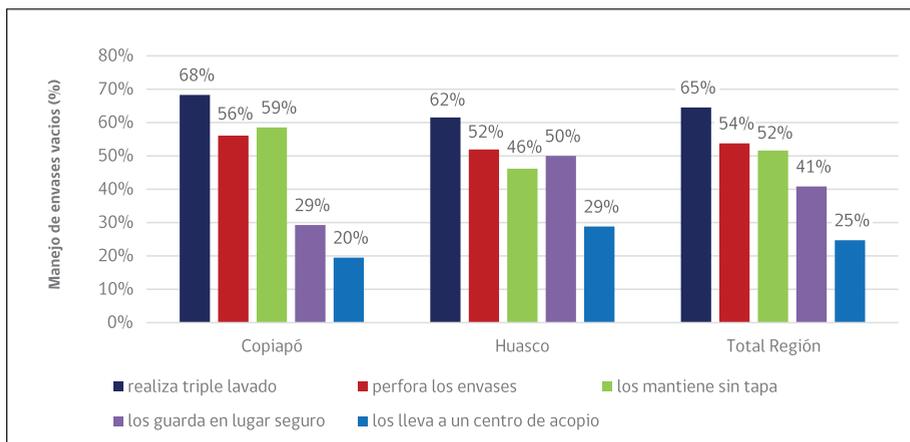


Figura 51. Distribución de encuestados (%) respecto a manejo de envases vacíos de plaguicidas, región de Atacama, 2018.

Conclusiones

- El bajo conocimiento por parte de los agricultores encuestados de estrategias integradas para la gestión de plagas pone en riesgo el cumplimiento de las normativas vigentes asociadas a la inocuidad alimentaria.
- La baja proporción de agricultores encuestados que mencionó identificar las plagas asociadas a sus cultivos (enfermedades y artrópodos), dejó en evidencia la necesidad de fortalecer el conocimiento de los agricultores, a través de talleres teórico-prácticos para el reconocimiento de estos agentes bióticos.
- La práctica de aplicación de plaguicidas por calendario debe ser corregida para reducir el impacto ambiental y el riesgo de aparición de resistencia por parte de las plagas.

CAPÍTULO 6

INSECTOS Y ÁCAROS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE TOMATE, AJÍ, PIMIENTO Y LECHUGA, DE LA REGIÓN DE ATACAMA Y ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.
claudio.salas@inia.cl

Carlos Astudillo O.

Ingeniero Agrónomo

Insectos y ácaros de importancia económica presentes en la región de Atacama. A) larva polilla del tomate *Tuta absoluta*, B) adulto mosquita blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum*, C) adulto trips de *California Frankliniella occidentalis*, D) hembra alada pulgón del duraznero *Myzus persicae*, E) hembra adulta arañita bimaclada *Tetranychus urticae* (fase roja), F) cuncunilla verde de la papa *Syngrapha gammoides*, G) adulto gusano del choclo *Helicoverpa zea*, H) adulto mosca minadora *Liriomyza huidobrensis*, I) pulgón de la lechuga *Nasonovia ribisnigri*.



Cuadro 16: Plagas del tomate en invernadero y estrategias de manejo.

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
<i>Polilla del tomate: Tuta absoluta</i>	Provoca daños en hojas, flores y frutos	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas con feromonas	Utilizar trampas con feromonas		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos			Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control cultural		Control de malezas. Eliminar hojas con daño de larvas o huevos de polilla	Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Trichogramma sp.</i> , Chinchas depredadores <i>Tupiocoris cucurbitaceus</i>			
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Insecticidas biológicos, como es la toxina de la bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i>		
<i>Gusanos: Helicoverpa zea, Agrotis ipsilon, Trichoplusia ni</i>	Provoca daños en hojas y puede taladrar tallos. También ataca frutos de preferencia los verdes	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas con feromonas o con luz	Utilizar trampas con feromonas o luz		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos			Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control cultural		Control de malezas. Eliminar hojas con daño de larvas	Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Trichogramma sp.</i>			
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Insecticidas de origen biológico como Spinosad y <i>Bacillus thuringiensis</i>		Desinfección del suelo después de eliminar todo el rastrojo del terreno

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
<i>Polilla del tomate: Tuta absoluta</i>	Provoca daños en hojas, flores y frutos	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas con feromonas	Utilizar trampas con feromonas		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos			Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control cultural		Control de malezas. Eliminar hojas con daño de larvas o huevos de polilla		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Trichogramma sp.</i> , Chinchas depredadores <i>Tupiocoris cucurbitaceus</i>			
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Insecticidas biológicos, como es la toxina de la bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i>		
<i>Gusanos: Helicoverpa zea, Agrotis ipsilon, Trichoplusia ni</i>	Provoca daños en hojas y puede taladrar tallos. También ataca frutos de preferencia los verdes	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas con feromonas o con luz	Utilizar trampas con feromonas o luz		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos			Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control cultural		Control de malezas. Eliminar hojas con daño de larvas		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Trichogramma sp.</i>			
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Insecticidas de origen biológico como Spinosad y <i>Bacillus thuringiensis</i>		Desinfección del suelo después de eliminar todo el rastrojo del terreno

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha	
<i>Cuncunillas: Pseudoleucania bilitura, Agrotis lutescens, Copitarsia turbata</i>	Provoca daños en hojas y puede taladrar tallos. También ataca frutos de preferencia los verdes	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas con feromonas o con luz y cinta adhesiva amarilla	Utilizar trampas con feromonas o luz y cinta adhesiva amarilla (en invernadero)			
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos	Uso de malla anti-insectos		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control cultural		Control de malezas. Eliminar hojas con daño de larvas		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Trichogramma sp</i>				
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Insecticidas de origen biológico como Spinosad y <i>Bacillus thuringiensis</i>		Desinfección del suelo después de eliminar todo el rastrojo del terreno	
<i>Mosquita blanca de los invernaderos: Trialeurodes vaporariorum</i>	Provocan un daño directo ya que succiona la savia de las plantas, debilitándolas. El daño indirecto es debido a la abundante mielecilla que la plaga produce, lo que favorece el desarrollo de fumagina en hojas y frutos	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras y utilizar trampas cromáticas para detectar presencia de adultos	Revisar semanalmente 20 plantas y utilizar trampas cromáticas para detectar presencia de adultos			
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos				
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización nitrogenada Balanceada	Control de malezas hospedantes. Riego y fertilización balanceada. Eliminación inmediata del rastrojo después del deshoje y utilización de cultivos trampas		Eliminación de material total después de la última cosecha	
		Control biológico	Avispas parasitoides y chinches	Avispas parasitoides <i>Encarsia formosa</i> y depredadores como chinches depredadoras <i>Tupiocoris cucurbitaceus</i> y <i>crysopas Chrysoperla sp.</i>			
		Control químico	Insecticidas reguladores de crecimiento	Conocer el estado de la plaga. Elegir productos selectivos que no afecten a parasitoides, priorizar productos reguladores de crecimiento (i.a. Pyriproxyfen, Buprofezin, Flufenoxuron)			

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
Pulgones: <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Aphis craccivora</i> , <i>Aulacorthum solani</i> , <i>Brachycaudus helichrysi</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> .	Provocan un daño directo debilitando la planta al alimentarse de la savia que circula por el floema. También producen un daño indirecto al secretar mielecilla, favorecen al desarrollo del hongo de la fumagina	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras y utilizar trampas cromáticas para detectar presencia	Revisar semanalmente 20 plantas y utilizar trampas cromáticas amarillas para detectar presencia. También monitorear malezas si es que se encuentran		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos			
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada. Control de malezas tanto dentro como fuera de la almaciguera			Eliminación de material total después de la última cosecha
		Control biológico	Depredadores como chinitas y sírfidos y parasitoides como microavispa			
		Control químico	Insecticidas sistémicos aplicados en el riego	Elegir productos selectivos		
Trips: <i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Thrips tabaci</i> , <i>Frankliniella australis</i>	Provocan un daño directo el cual es causado sobre la epidermis de hojas, flores y frutos donde son producidas manchas de color plateado. También provocan un daño indirecto con la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV)	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras y utilizar trampas cromáticas para detectar presencia	Utilizar trampas cromáticas amarillas o azules		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos para proteger almacigueras	Uso de malla anti-insectos		
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada. Control de malezas tanto dentro como fuera de la almaciguera	Control de malezas hospederas. Eliminar plantas con síntomas de virus		Eliminación de material total después de la última cosecha
		Control biológico	Depredadores como chinches <i>Orius sp.</i>			
		Control químico	Insecticidas del ingrediente activo Spinosinas			

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
<i>Minador de las chacras: Liriomyza huidobrensis</i>	Galerías angostas entre la superficie superior e inferior de las hojas producido por las larvas. Los adultos de estos insectos. También producen necrosis del tejido a través de las picaduras de alimentación	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras	Utilizar trampas cromáticas amarillas para detectar presencia		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos para proteger almacigueras	Evitar plantaciones cerca de hospedantes preferidos como haba, poroto y papas		
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada	Control de malezas hospederas. Riego y fertilización balanceada		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Chrysocharis phytomyzae</i> , <i>Halticoptera patellana</i> , <i>Ganaspidium sp</i> , <i>Diglyphus sp</i>			
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado.	Aplicar productos comerciales a bases del ingrediente activo Abamectina solo si poblaciones alcanzan niveles críticos		
<i>Eriófido del tomate: Aculops lycopersici</i>	Hojas y tallos de color bronceado, Las hojas toman un color amarillo por el haz y un aspecto acartonado para posteriormente secarse	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras	Monitoreo de plantas semanalmente		
		Control preventivo	Semillas certificadas al hacer los almácigos	Utilizar plantas sanas de almacigueras certificadas al momento del trasplante	Al ver plantas con presencia de eriófidos, realizar tratamiento químico a la brevedad	
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada	Control de malezas hospedantes. Riego y fertilización balanceada		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control biológico	Ácaros depredadores			
		Control químico	Azufre en polvo o mojable	Aplicar productos comerciales a bases del ingrediente activo Abamectina solo si poblaciones alcanzan niveles críticos		

Cuadro 17: Plagas de lechuga y estrategias de manejo.

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
<i>Pulgón de la lechuga, Nasonovia ribisnigri</i>	Provoca daños cosméticos y transmisión de virus	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas pegajosas amarillas. Aplicar con presencia de alados	Trampas amarillas pegamento para alados. Revisión semanal de 20 plantas por hectárea. Como vector es necesario realizar aplicaciones con 5 áfidos por planta. Como daño directo, tratar con 10% de plantas con colonias		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos	Plantas vigorosas con fertilización y riego balanceados		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control cultural		Eliminación de rastrojos infestados. Control de malezas. Evitar exceso o déficit de nitrógeno. Eliminar plantas con virus		
		Control biológico	Chinitas, sírfidos, crisopas y avispa parasitoides			
		Control químico	Inmersión de productos comerciales de ingrediente activo Imidacloprid o Tiametoxam	Aplicar insecticidas sistémicos antes de formación de cabeza		
<i>Pulgón del Duraznero, Mizus persicae</i>	Provoca daños cosmético y Transmisión de virus	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almaciguera. Utilizar trampas pegajosas amarillas. Aplicar productos a base de i.a. Azadiractina ante infestaciones	Trampas amarillas pegamento para alados. Revisión semanal de 20 plantas por hectárea. Como vector es necesario realizar aplicaciones con 5 áfidos por planta. Como daño directo, tratar con 10% de plantas con colonias		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos	Plantas vigorosas con fertilización y riego balanceado		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control cultural		Control de malezas. Evitar exceso o déficit de nitrógeno. Eliminar plantas con virus	Control de malezas. Evitar exceso o déficit de nitrógeno. Eliminar plantas con virus	
		Control biológico	Chinitas, sírfidos, crisopas y avispa parasitoides			
		Control químico	Inmersión de productos comerciales de ingrediente activo Imidacloprid o Tiametoxam	Aplicar insecticidas sistémicos antes de formación de cabeza		

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha	
<i>Trips de California Frankliniella occidentalis</i>	Transmisión de virus	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar 5 plantas al azar por almáciguera. Utilizar trampas pegajosas amarillas o azules. Aplicar con presencia de adultos en plantas/trampas	Utilizar trampas pegajosas amarillas para su monitoreo			
		Control preventivo	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada	Evitar otros cultivos reservorio cerca		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control cultural	Utilizar sistema de exclusión con malla anti-insectos con 26 líneas por cm ²	Control de malezas que actúan como reservorios de virus transmitidos por este insecto: pacoyuyo, tomatillo y ñihue. Riego y fertilización balanceada			
		Control biológico	Chinches depredadores, Crisopas				
		Control químico	Aplicar insecticidas	Elegir productos selectivos que no afecten a controladores biológicos			
<i>Minador de las chacras Liriomyza huidobrensis</i>	Favorece el ingreso de hongos fitopatogénicos y provoca daños cosméticos	Monitoreo /Niveles críticos	Revisar semanalmente almácigueras	Trampas amarillas pegamento para alados. Revisión semanal de 20 plantas por hectárea. Galerías con larvas sobrepasan parte media de la plantas o capturas diarias de 150 adultos/ trampa	Trampas amarillas pegamento para alados. Revisión semanal de 20 plantas por hectárea. Galerías con larvas sobrepasan parte media de la plantas o capturas diarias de 100 adultos/ trampa		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos para proteger almácigueras	Evitar plantaciones cerca de hospedantes preferidos como haba, poroto y arveja		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha.	
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada	Control de malezas hospederas. Riego y fertilización balanceada			
		Control biológico	Chinitas, crisopas y avispa parasitoides				
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Aplicar insecticidas a bases de los ingredientes activos Ciromazina, Abamectina o Benzoato de Emamectina sólo si las poblaciones alcanzan niveles críticos			

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha	
<i>Mosquita blanca de los invernaderos</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Causa daños directos cuando se alimentan chupando la savia del xilema, floema y transmisión de virus.	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras	Revisar semanalmente 20 plantas	Revisar semanalmente 20 plantas		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos para proteger almacigueras	Evitar plantaciones cerca de hospedantes preferidos como papas, poroto y tomate			
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada	Control de malezas hospedantes. Riego y fertilización balanceada			
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Encarsia formosa</i> y chinche <i>Tupiocoris cucurbitaceus</i>				
		Control químico	Normalmente no requerido en este estado	Aplicar insecticidas en base al ingrediente activo Abamectina, Azadiractina o Cyromazina			

Cuadro 18: Plagas de ají y pimiento y estrategias de manejo

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
<i>Cuncunillas y Gusanos Cortadores: Copitarsia decolora; Syngropha gammoides y Agrotis bilitura</i>	Se alimentan de todo el follaje de la planta incluyendo a las inflorescencias	Monitoreo / Niveles críticos		Utilizar trampas cromáticas amarillas para detectar presencia		
		Control preventivo		Aplicar riegos de anegamiento para asfixiar larvas que se encuentren en el suelo		
		Control cultural		Control de malezas asociadas al cultivo	Control de malezas. Eliminar hojas con daño de larvas	Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha
		Control biológico		Avispas parasitoides <i>Trichogramma sp.</i>		
		Control químico		Insecticidas de origen biológico como Spinosad y Bacillus thuringiensis		
<i>Pulgones: Aphis fabae, Aphis gossypii, Capitophorus elaeagni, Dysaphis cynarae, Myzus persicae</i>	Provocan un daño directo debilitando la planta al alimentarse de la savia que circula por el floema. También producen un daño indirecto al secretar mielecilla, favorecen al desarrollo del hongo de la fumagina.	Monitoreo / Niveles críticos		Revisar semanalmente 20 plantas y utilizar trampas cromáticas amarillas para detectar presencia. También monitorear malezas si es que se encuentran		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos para proteger almacigueras	Uso de malla anti-insectos		
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada. Control de malezas tanto dentro como fuera de la almaciguera.	Control de malezas hospederas. Riego y fertilización balanceada		Eliminación de material total después de la última cosecha
		Control biológico	Depredadores como chinitas, sírfidos y crisopas			
Control químico	Insecticidas sistémicos aplicados en el riego	Elegir productos selectivos que el ingrediente activo sea de acción específica para pulgones y respete insectos benéficos				

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha	
<i>Minador de las chacras: Liriomyza sp.</i>	Galerías angostas entre la superficie superior e inferior de las hojas producido por las larvas. Los adultos de estos insectos también producen necrosis del tejido a través de las picaduras de alimentación	Monitoreo / Niveles críticos		Utilizar trampas cromáticas amarillas para detectar presencia			
		Control preventivo		Evitar plantaciones cerca de hospedantes preferidos como haba, poroto y papas			
		Control cultural		Control de malezas hospederas. Riego y fertilización balanceada		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Chrysocharis phytomyzae</i> , <i>Halticoptera patellana</i> , <i>Ganaspidium sp.</i> , <i>Diglyphus sp.</i>				
		Control químico		Aplicar productos comerciales a bases del ingrediente activo Abamectina solo si poblaciones alcanzan niveles críticos			
<i>Trips Frankliniella occidentalis y Thrips tabaci.</i>	Manchas decoloradas en hojas y en frutos producen russet. También producen transmisión de virus	Monitoreo / Niveles críticos		Utilizar trampas pegajosas amarillas para su monitoreo	Utilizar trampas pegajosas amarillas para su monitoreo		
		Control preventivo		Evitar otros cultivos hospedantes cerca		Eliminación inmediata del rastrojo después de la cosecha	
		Control cultural		Control de malezas hospederas. Riego y fertilización balanceada	Control de malezas que actúan como reservorios de virus transmitidos por este insecto. Riego y fertilización balanceada		
		Control biológico		Chinches depredadores <i>Orius sp.</i> , <i>crisopas Chrysoperla sp.</i>			
		Control químico		Elegir productos selectivos que no afecten a controladores biológicos			

Plaga	Daño	Opciones de manejo	Almácigo o Pre-trasplante	Establecimiento	Desarrollo vegetativo	Cosecha
<i>Arañitas Tetranychus urticae</i>	Producen una clorosis en las hojas y posteriormente necrosis, acompañada de gran cantidad de lanosidad o telas que pueden llegar a cubrir totalmente a las plantas	Monitoreo / Niveles críticos			Monitoreo semanal, a partir de floración. Más de 10 arañitas en promedio por hojas se recomienda aplicar	
		Control preventivo		Plantas sanas provenientes de almacigueras	Evitar colocar cultivo cerca de caminos de tierra	
		Control cultural		Evitar siembra cerca de empastadas o huertos frutales	Evitar malezas reservorio	Eliminación de material total después de la última cosecha
		Control biológico		Depredadores como fitoseidos y crisopas		
		Control químico			Aplicar acaricida si se aprecia clorosis	
<i>Mosquita blanca de los invernaderos: Trialeurodes vaporariorum</i>	Provocan un daño directo ya que succionan la savia de las plantas, debilitándolas. El daño indirecto es debido a la abundante mielecilla que la plaga produce, lo que favorece el desarrollo de fumagina en hojas y frutos.	Monitoreo / Niveles críticos	Revisar semanalmente almacigueras y utilizar trampas cromáticas para detectar presencia de adultos	Revisar semanalmente 20 plantas y utilizar trampas cromáticas para detectar presencia de adultos		
		Control preventivo	Uso de malla anti-insectos para proteger almacigueras	Uso de malla anti-insectos en invernaderos.		
		Control cultural	Plántulas vigorosas, con riego y fertilización balanceada	Control de malezas hospederas. Riego y fertilización balanceada. Eliminación inmediata del rastrojo.		Eliminación de material total después de la última cosecha
		Control biológico	Avispas parasitoides <i>Encarsia formosa</i> , y depredadores como chinches <i>Tupiocoris cucurbitaceus</i> y crisopas <i>Chrysoperla sp.</i>			
		Control químico	Insecticidas sistémicos aplicados en el riego	Conocer el estado de la plaga. Elegir productos selectivos que no afecten a parasitoides		

CAPÍTULO 7

SISTEMAS DE EXCLUSIÓN DE INSECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS (TOMATE Y AJÍ)

Leonardo Rojas P.

Ingeniero Agrónomo

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

claudio.salas@inia.cl

El método de exclusión tiene por finalidad evitar la llegada de insectos plagas a las plantas, utilizando barreras físicas, siendo lo más común el uso de mallas anti-insectos, de tipo comercial. El uso de mallas de exclusión de insectos es una práctica ampliamente utilizada en el mundo, destacando Almería, España, al ser un importante centro productor de hortalizas para Europa. En Chile se está utilizando este método especialmente en las zonas productoras de Arica y en la región de Valparaíso. De igual forma, unidades demostrativas con uso de esta técnica han sido desarrolladas por INIA Intihuasi en colaboración con agricultores de las regiones de Coquimbo y Atacama desde 2008.

El tipo de malla más común es la que se conoce como anti-áfidos, en alusión a que por su denso tramado, impide el paso de estos insectos conocidos como pulgones o áfidos (Hemiptera: Aphididae). Estas mallas impiden también el paso de insectos de tamaño similar, como las mosquitas blancas, e insectos de mayor tamaño como polilla del tomate, y adultos del gusano del choclo o gusanos cortadores. No obstante, las mallas que actualmente se comercializan en Chile no impiden el paso de plagas de menor tamaño como trips y ácaros.

Como resultado del no ingreso de plagas al cultivo, hay una reducción del número de aplicaciones de plaguicidas. En Arica se ha reportado reducciones de 50 a 60% en el número de aplicaciones por el uso de mallas de exclusión.

Características de las mallas de exclusión

Las mallas anti-insectos deben cumplir algunos requisitos fundamentales, como son la adecuada densidad de malla o tamaño de orificios, la cobertura a la luz o sombreado, la resistencia mecánica y la resistencia a luz ultravioleta, características que se analizarán a continuación:

Densidad de hilos y tamaño de orificios

Este aspecto es fundamental para lograr el objetivo de exclusión de los diversos insectos plaga, como se observa en la **Figura 52**, donde se muestra la relación entre el tamaño del insecto y el tamaño de los orificios que quedan entre los hilos.

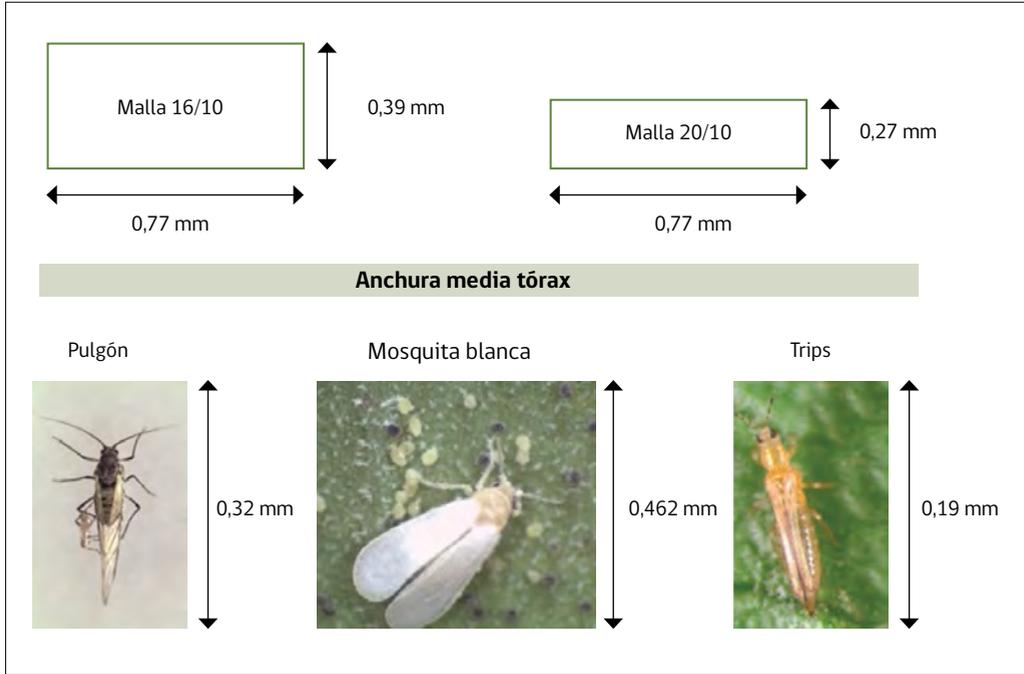


Figura 52. Relación entre tamaño de insectos y mallas comercializadas en Chile.

Fuente: Protekta.

Los fabricantes suelen entregar las especificaciones de las mallas en forma bastante precisa. A modo de ejemplo, la denominación 16/10 ofrecida como anti-insectos por varias empresas fabricantes (Arrigoni, Protekta), significa que en un sentido (la urdimbre) tiene 16 hilos por centímetro lineal y en el otro sentido (la trama) tiene 10 hilos. En cada sentido, el número de hilos corresponde a igual cantidad de orificios o cuadros por centímetro lineal. Además, los fabricantes indican el espesor de los hilos y las dimensiones resultantes de los agujeros. En algunos casos, se expresa en una medida análoga, el Mesh, que corresponde al número de hilos por pulgada lineal.

Cuadro 19: Características de mallas y agujeros de malla 16/10.

Característica	Detalle
Cuadro o agujero (mm)	0,39 x 0,77
Diámetro hilos (mm)	0,23
Hilos urdidos (Nº/cm)	16
Hilos trama (Nº/cm)	10

Fuente: Kovach et al. 1992.

Características de sombreado, resistencia y durabilidad

Las mallas anti-insectos son, por lo general, fabricadas con polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) y presentan propiedades de cobertura de sombreado, resistencia mecánica y resistencia a luz ultravioleta (LUV), como se puede apreciar en el **Cuadro 20**.

Cuadro 20: Otras características destacadas en mallas anti-insectos 20/10

Característica	Valores	Unidad
Cuadro	0,27 x 0,77	mm
Material	Polietileno	
Color	Cristal	
Peso	123	g/m ²
Diámetro hilos	0,23	mm
Hilos urdidos/cm	20	
Hilos trama/cm	10	
Resistencia long	32	KN/m
Resistencia trasns	16	KN/m
Cobertura a la luz	36	%
Duración a la interperie	400	KLY

Fuente: Ficha técnica de empresa comercial

Los valores de resistencia a la tracción longitudinal y transversal están dados en kN/m (kiloNewton para una banda de 1 m de ancho), donde 1kN corresponde aproximadamente a 100 kg de peso o fuerza. Estos valores indican que estas mallas son de una gran resistencia a la deformación o rotura por tracción. Como referencia, en el mercado se ofrecen mallas antigranizo con alrededor de 4 y 7 kN/m, o malla geotextil anti-hierbas con 8 kN/m.

La cobertura a la luz se refiere a la disminución relativa de la luz total capaz de traspasar la malla, expresada en términos porcentuales, en el ejemplo, 36%. Esto implica el grado de sombreo que debe considerarse, según las condiciones de la zona y época en que se utilizará, así como la ubicación dentro de la construcción, ya sea que incluya los techos o sólo las paredes.

El factor "duración a la intemperie" corresponde a la resistencia a la luz ultravioleta, en relación con la irradiancia o acumulación de energía solar total. La irradiancia se suele expresar en kiloLangley (kLy), siendo 1 kLy igual a 1 kcal/cm² (kilocaloría por centímetro cuadrado) o 41,84 MJ/m² (megajulio por metro cuadrado). En sectores de la región de Valparaíso con alta concentración de invernaderos, donde suelen probarse diversos materiales plásticos, se acumulan alrededor de 122 kLy por año, mientras que en Vallenar y Copiapó aumenta a 147 y 160 kLy por año, respectivamente. Si se divide el valor de resistencia de la malla expresada en kLy, por el valor de irradiancia local anual, se puede estimar la duración de la malla, como en el ejemplo presentado en el **Cuadro 21**, donde se señala una garantía de 5 años por parte de la empresa fabricante (650/122 = 5,3 años).

Cuadro 21: Detalle de resistencia a luz ultravioleta (LUV) y duración de la malla.

MATERIAL: HDPE				
Construcción cm2 0,28 x 0,78 mm	Peso 120-130 gr/m²	Resistencia a la Luz (U.V.) 650 kly	Resistencia mecánica 18 kg/cm²	Cobertura a la Luz 23-25%
Ancho máximo por rollo: 5 mts				
Largo por rollo: 200 mts/500 mts				
Garantía 5 años por exposición solar				

Fuente: Catálogo comercial

Efectos del enmallado sobre las condiciones ambientales del invernadero

Efectos sobre las variables meteorológicas

El principal efecto ambiental de las mallas de exclusión en un invernadero es la reducción de la velocidad del viento en su interior, expresada como número de renovaciones por hora del volumen de aire interior. En estudios realizados en España, en invernaderos con superficie de ventilación cenital de 10%, se ha verificado que, con mallas anti-insectos, dicha renovación se reduciría a 1/3 respecto al invernadero sin mallas cuando la velocidad de viento exterior es entre 2 y 5 m/s.

Las consecuencias de la disminución del viento en el interior de los invernaderos se enumeran a continuación:

- **Aumento de las temperaturas diurnas**, ya que la principal forma de enfriamiento de los invernaderos es precisamente la ventilación, a través del reemplazo del aire caliente interior por aire externo más frío.
- **Aumento de la humedad relativa del aire**, debido a que las plantas están transpirando, lo que tiende a saturar de humedad el aire de su entorno. Esto podría favorecer a algunos patógenos que requieren alta humedad.
- **Disminución de la evapotranspiración**, como resultado de lo anterior, ya que el aire húmedo es desplazado a menor tasa. Esto podría ser beneficioso en cuanto a ahorro de agua.
- **Reducción de la concentración de CO₂ del aire**. Esto es conocido clásicamente en los invernaderos convencionales, dado que las plantas realizan fotosíntesis y extraen el CO₂ del aire de su entorno, provocando dicha disminución. Esta baja del CO₂ se acentúa en la medida que la renovación del aire sea menor, pudiendo afectar negativamente la fotosíntesis y la ganancia en crecimiento y producción. Lo anterior ha motivado la incorporación de sistemas de inyección de CO₂ en invernaderos de alta tecnificación.

El uso de mallas en las ventanas de invernaderos cubiertos con láminas de polietileno u otro material no poroso, exige una adaptación de los diseños para mejorar la ventilación, ya que se alteran las relaciones originales entre la superficie de ventilación (ventanas laterales y cenitales) y la superficie cubierta. En España y otros lugares del mundo se ha venido trabajando para desarrollar modelos de invernaderos de mayor eficacia en ventilación, con tendencia a mayor altura y gran superficie de ventanas cenitales (conocidas en Chile como "lucarnas").

Hay un aspecto que debe ser considerado y es que, en Almería, España, las superficies cubiertas con invernaderos son muy extensas, casi sin separación entre unidades vecinas, salvo los caminos, aún, siendo diferentes predios. Esta condición obstaculiza el movimiento del aire exterior y disminuye las posibilidades de ventilación interna. Por el contrario, en Chile, los invernaderos suelen ser de superficies comparativamente pequeñas y con distancias considerables entre grupos de naves, más aún cuando se trata de pequeños invernaderos como los que posee la pequeña agricultura de la región de Atacama. Esta condición favorecería la ventilación de invernaderos enmallados.

Las pruebas empíricas realizadas en diferentes situaciones pueden entregar una base técnica para la adopción de esta herramienta que resulta muy útil para el Manejo Integrado de Plagas.

Efectos sobre el cultivo y aspectos relacionados

El cambio en las condiciones ambientales como resultado de la utilización de mallas de exclusión, en algunos casos, podría provocar efectos tanto negativos como favorables, a saber:

- **Alteraciones del desarrollo normal de las plantas.** Todas las plantas presentan las llamadas temperaturas cardinales, definidas como óptimas, mínimas y máximas (**Cuadro 22**) por lo que, al estar en una condición subóptima, el desarrollo y rendimiento podría no alcanzar el máximo potencial. En el caso de las temperaturas excesivas, se produce un balance menos positivo entre fotosíntesis y respiración, resultando en menor acumulación de materia seca. También ocurren coloraciones anormales u otras anomalías en los frutos, como los diversos tipos de partiduras o "cracking".

En el caso de tomate, en los invernaderos comunes, las condiciones de alta humedad y poco movimiento de aire, sobre todo en época fría, inciden negativamente en los procesos de polinización y fecundación de las flores. Esto resulta en cuaja deficiente (**Figura 53**), reduciendo la cantidad de frutos totales, disminuyendo el calibre y dando lugar a una proporción de frutos sin semillas, huecos, de calibres menores y bajo peso, conocidos como "tomates burros" a los que en la literatura se les nombra "frutos bufados". Por tal razón, es habitual realizar prácticas que favorezcan la cuaja, como son la aplicación de fitoreguladores o bioestimulantes específicos para cuaja, el vibrado de flores y el uso de abejorros para polinización.

En invernaderos con mallas de exclusión las condiciones adversas para la cuaja se verían incrementadas por efecto del menor movimiento de aire, lo que aconseja extremar los cuidados al respecto. En este caso, aparece como ideal la utilización de abejorros, ya que se complementa con la mínima o nula aplicación de insecticidas que se hace en este sistema.

Cuadro 22: Temperaturas cardinales de especies de verano: tomate y ají.

Cultivo	Temp. mínima letal (°C)	Temp. mínima biológica (°C)	Temp. óptimo día (°C)	Temp. óptima noche (°C)	Temp. máxima biológica (°C)
Tomate	-2 a 0	8 a 10	22 a 26	13 a 16	26 a 30
Ají	-2 a 0	10 a 12	22 a 28	16 a 18	28 a 32



Figura 53. Flores sin cuaja como consecuencia de polinización/fecundación deficiente. región de Atacama, 2018.

- **Disminución de rendimiento comercial.** Derivado de lo anterior, en un invernadero enmallado podría esperarse una disminución de la cosecha comercial asociada a deficiencias en la cuaja u otros defectos de los frutos.

En las experiencias realizadas por INIA en invernaderos de tomate y tomate cherry con sistemas de exclusión en diversos sectores de la región de Atacama, se observó que el único efecto asociado tuvo que ver con deficiencia de la cuaja al no aplicar bioestimulantes.

De acuerdo con las experiencias en terreno, se conoce un par de casos relacionados con el punto anterior, el primero de ellos fue el de un productor orgánico, que no realizó aplicaciones de biostimulantes comerciales, provocando gran proporción de tomates “burros” en los primeros tres racimos. Otra experiencia corresponde a un productor de tomate cherry, que en el manejo habitual de la plantación dejó de hacer aplicaciones de bioestimulantes de cuaja cuando las plantas sobrepasaban los alambres y colgaban hacia los pasillos opuestos (**Figura 54**). En este caso, el productor estimó que en esta etapa habrían disminuido los calibres de los frutos en comparación a un cultivo paralelo en invernadero sin malla. Esto se atribuye a una polinización deficiente al haber menos agitación de las flores por efecto de las corrientes de aire.

Un tercer productor de tomate bajo invernadero aplicó el bioestimulante de cuaja en forma regular y no presentó problemas con los calibres de su producción final. Por lo tanto, se puede advertir de estas experiencias, que las aplicaciones de bioestimulantes en la etapa de cuaja en tomates cherry o convencional, tienen una alta correlación con la cuaja del fruto, independientemente de que el invernadero presente o no mallas de exclusión.



Figura 54. Conducción de plantas de tomate cherry colgantes tras sobrepasar el alambre. Región de Atacama, 2018.

Registro de variables ambientales en invernaderos enmallados

En los invernaderos de las unidades demostrativas del proyecto se instalaron estaciones meteorológicas automáticas para obtener información del comportamiento de las principales variables de interés, siendo la principal inquietud, lo referido a las temperaturas máximas. A continuación, se entrega información de algunas de ellas como representativas de diferentes situaciones. También se incorpora información de referencia al aire libre de estaciones meteorológicas cercanas, obtenida de www.agromet.cl/datos-historicos.

En la **Figura 55** se observa las temperaturas máximas y mínimas del mes de noviembre de 2018, en invernadero enmallado de la Unidad Demostrativa Nicolasa, cultivada con tomate cherry, y las mismas variables obtenidas de una estación meteorológica vecina, en la comuna de Freirina. Estas localidades se caracterizan por tener influencia marina con nublados matinales frecuentes, baja oscilación térmica y temperaturas moderadas. La **Figura 55** muestra una clara correlación de las temperaturas de ambas fuentes, observándose que en invernadero las temperaturas máximas son más altas que al aire libre, no superando en general, los 5 grados de diferencia. También se aprecia que las temperaturas máximas del invernadero rara vez superaron los 30°C, lo que se ubica dentro del rango de temperaturas aceptables para el cultivo de tomate. Por otro lado, las temperaturas mínimas de invernadero son prácticamente iguales a las del aire libre.

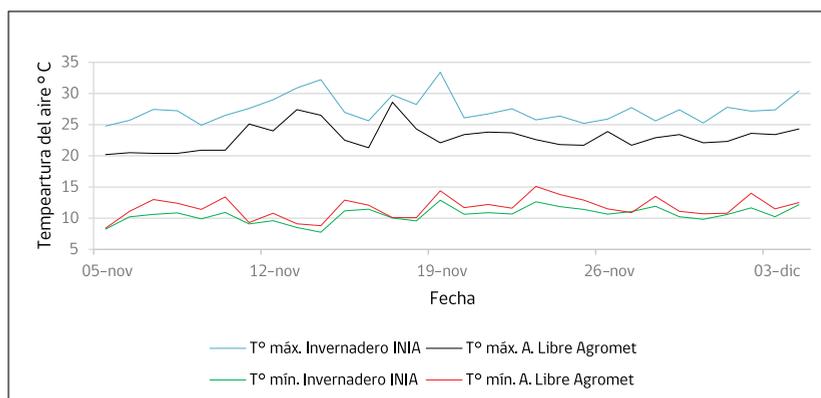


Figura 55. Temperaturas máximas y mínimas por día, en invernadero enmallado y al aire libre, durante el mes de noviembre en Nicolasa, Comuna de Freirina, región de Atacama, 2018.

El comportamiento de la temperatura por hora a lo largo del día, como promedio de 30 días entre el 5/11/18 y el 4/12/18 (**Figura 56**), muestra una concentración de las temperaturas máximas en torno a los 26°C, con baja dispersión, ya que la desviación estándar no supera los 4°C.

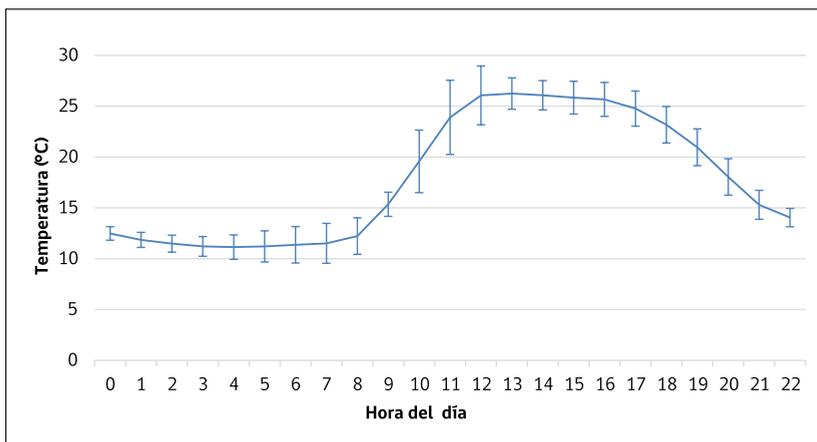


Figura 56. Temperatura por hora del día, promedio del mes de noviembre de 2018 en invernadero enmallado, localidad de Nicolasa, Comuna de Freirina.

La **Figura 57** muestra la información de la localidad de Alto del Carmen, la cual corresponde a un ambiente de características más extremas, con alta oscilación térmica día-noche, alta radiación solar, altas temperaturas diurnas y baja humedad relativa. En esta localidad el invernadero enmallado tuvo cultivo de ají verde. Se puede observar además la concordancia del comportamiento de las temperaturas de ambas fuentes.

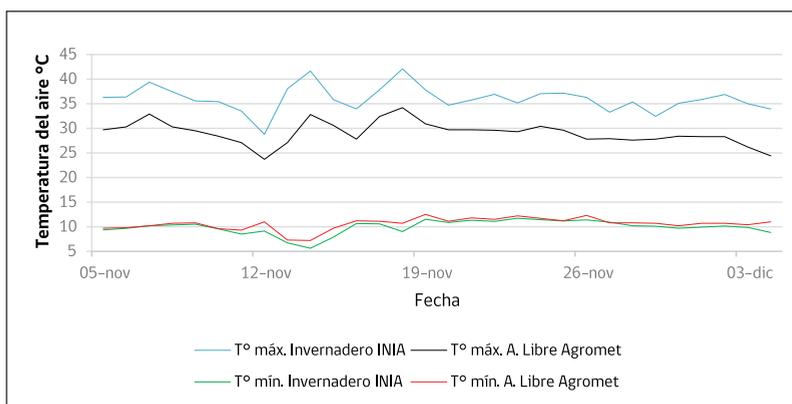


Figura 57. Temperaturas máximas y mínimas por día, en invernadero enmallado y al aire libre, durante el mes de noviembre en La Vega, Comuna de Alto del Carmen.

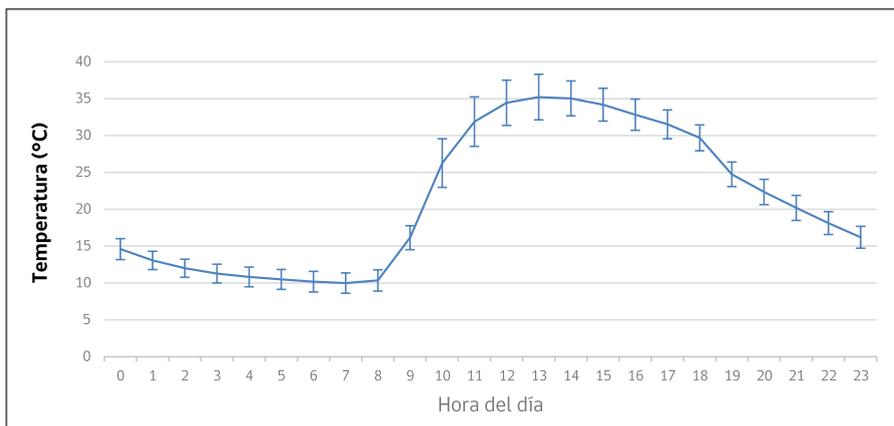


Figura 58. Temperatura por hora del día, promedio del mes de noviembre de 2018 en invernadero enmallado, localidad de Alto del Carmen.

En la **Figura 58** se observa que el promedio de las temperaturas máximas se acerca a los 35°C entre las 12:00 y 15:00 horas con desviación estándar no mayor a 3°C.

En el invernadero con sistema de exclusión de insectos, las temperaturas máximas fueron entre 5 y 8°C más altas que al aire libre. Las temperaturas máximas al aire libre fueron en extremo elevadas, sobrepasando en muchos días los 30°C y llegando en algunos hasta los 35°C. Por otro lado, el registro de temperaturas del invernadero muestra que las máximas generalmente superaron los 35°C, alcanzando en ocasiones los 40°C. Este rango de temperaturas es excesivo para muchos cultivos, pero ocurre sólo por algunas horas al día y hay especies como ají y berenjena que las toleran sin mayores dificultades y que se ven enfrentados habitualmente a estos niveles en las casetas planas características de Alto del Carmen, región de Atacama. En este caso, también las temperaturas mínimas del invernadero son prácticamente iguales a las del aire libre.

Como condición favorable se puede observar que el período de máximas temperaturas exteriores y de máxima radiación solar suele coincidir con el momento de mayor velocidad de viento en el día, lo que ayuda a mitigar los efectos negativos de reducción en la renovación del volumen de aire interior (**Figura 59**).

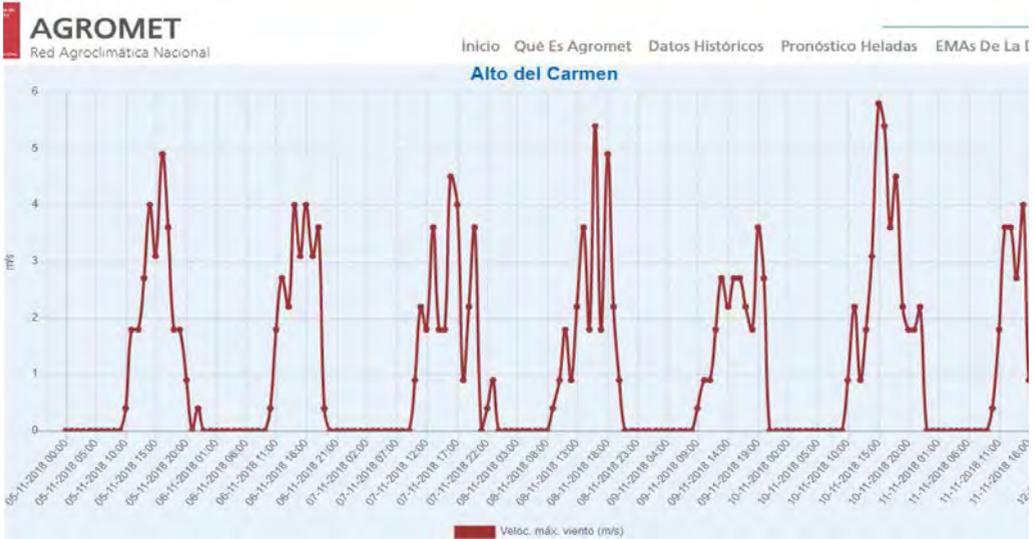


Figura 59. Velocidad del viento al aire libre en Alto del Carmen, 5 al 12 de noviembre de 2018.

Aspectos prácticos de construcción y de manejo de un sistema de exclusión

El método de exclusión debe ser diseñado e implementado con el objetivo de “cero ingresos de plagas”. De este modo, una instalación deficiente sólo disminuirá el número de aplicaciones dentro de la unidad, cuando la meta que se persigue es no realizar aplicaciones contra las plagas.

Para lograr la exclusión el sistema debe ser “hermético”, es decir, que no exista ninguna posibilidad de ingreso libre de los insectos a controlar. Una falla que implique ingreso de insectos al invernadero resulta contraproducente, puesto que, en su interior, con ausencia de enemigos naturales y condiciones favorables para su desarrollo, estos insectos pueden rápidamente alcanzar altos niveles poblacionales convirtiéndose en plaga. Es por esto por lo que el hermetismo de la exclusión debe cumplir lo siguiente:

- Ausencia de aberturas no cubiertas con mallas. Todas las estructuras de ventilación como ventanas y lucarnas deberán ser selladas con mallas y las láminas de polietileno de los sectores sin mallas deberán estar en buenas condiciones, sin agujeros ni rasgaduras (Figura 60). Las cortinas de malla anti-insectos deberán ser aseguradas al piso para evitar el ingreso de plagas. Este aseguramiento puede ser con una simple fijación de la malla al suelo. (Figura 61).

- Implementación de cámara de ingreso con doble puerta. Esta estructura es fundamental para evitar la entrada de plagas, pero requiere ser manejada cuidadosamente. Es muy importante darle hermeticidad con algunas labores simples y eficaces de carpintería. Las dimensiones de la cámara deben considerar el acopio de cosecha y el paso de materiales o equipos como pulverizadoras de mochila, etc. (**Figura 62**).



Figura 60. Invernaderos con ventanas y lucarnas cubiertas con mallas anti-insectos. Región de Atacama, 2018.



Figura 61. Mallas anti-insectos aseguradas al suelo. Región de Atacama, 2018.



Figura 62. Cámara con doble puerta, siendo la externa, en este caso, de corredera. Región de Atacama, 2018.

Se debe establecer un protocolo de tránsito por esta cámara, ojalá impreso y exhibido en lugar visible, el que debe contener las instrucciones básicas para el ingreso y salida:

- a. Abrir la primera puerta estando la siguiente cerrada.
 - b. Ingresar a la cámara y cerrar la primera puerta.
 - c. Si va a entrar al invernadero, revisar ropas y espacio aéreo de la cámara, asegurarse de la ausencia de plagas. Si viene saliendo esto no es necesario.
 - d. Abrir la segunda puerta y salir de la cámara, ya sea hacia el interior del invernadero o hacia el exterior, cerrando inmediatamente esta puerta.
- **La exclusión debe ser desde el inicio.** Es muy importante comenzar el cultivo con el invernadero completamente cerrado con las mallas, porque de lo contrario, se pueden introducir tempranamente algunas de las plagas obligando a realizar acciones de control, sin la certeza de poder controlarlas. En caso de que se quiera cultivar con manejo orgánico la situación es más compleja aún, por lo que debe ponerse el máximo de rigor en este aspecto.

- **Introducir plantas libres de plagas.** Este aspecto es crucial para asegurar la exclusión. Es evidente que la exclusión con mallas no sirve para nada si es que se introducen las plagas junto con las plantas. Si los almácigos son de elaboración propia, deben ser hechos y mantenidos en almacigueras enmalladas o en jaulas de exclusión (**Figura 63**). Si son comprados, deben revisarse exhaustivamente para verificar la presencia o ausencia de plagas en cualquiera de sus estados. A continuación, es recomendable efectuar una aplicación preventiva contra las plagas previsibles (polilla y mosquita blanca en el caso del tomate), y mantener las plantas el tiempo que se requiera dentro de las jaulas enmalladas hasta su plantación.



Figura 63. Jaula de malla anti-insectos para protección de almácigos. Región de Atacama, 2018.

Efectividad del método de exclusión en las unidades demostrativas del Proyecto.

Para evaluar la presión de plagas en el ambiente, se utilizó un monitoreo consistente en utilizar trampas atrayentes y contabilizar las capturas de insectos. En el caso de la polilla del tomate se utilizaron trampas con feromonas sexuales, compuestos sintéticos que simulan a los compuestos naturales (feromonas), con que las hembras atraen a los machos para el apareamiento.

En el caso de las mosquitas blancas, se utilizaron trampas cromáticas pegajosas color amarillo, que atraen por el color a los individuos adultos de las mosquitas blancas.

El efecto de una exclusión exitosa se puede representar con el caso del predio de Nicolasa con cultivo de tomate cherry. En este cultivo las poblaciones de mosquitas blancas y polilla dentro del invernadero enmallado se mantuvieron bajas o cercanas a cero por toda la temporada, mientras que en el invernadero sin mallas se registraron variaciones que en primavera alcanzaron umbrales de acción. Es destacable que el invernadero enmallado se mantuvo en cosecha desde julio en adelante, labor que implica mayor movimiento y tránsito de personas, pese a lo cual no se registró ingreso de las plagas.

En la Hacienda Nicolasa, se pueden apreciar los valores comparativos de un invernadero sin malla versus uno enmallado (**Figura 64**). De los datos recopilados se advierte que en el invernadero sin malla la polilla del tomate presentó un nivel de captura elevado durante el primer mes de cultivo, para luego ir decayendo a medida que se acerca el otoño. Luego en octubre, comenzó un repunte en las capturas. En el invernadero con malla anti-insectos no se registró presencia de polilla del tomate dentro del invernadero durante todo el cultivo, no siendo necesario por tanto efectuar aplicación con el consecuente impacto positivo en el ámbito económico y ambiental.

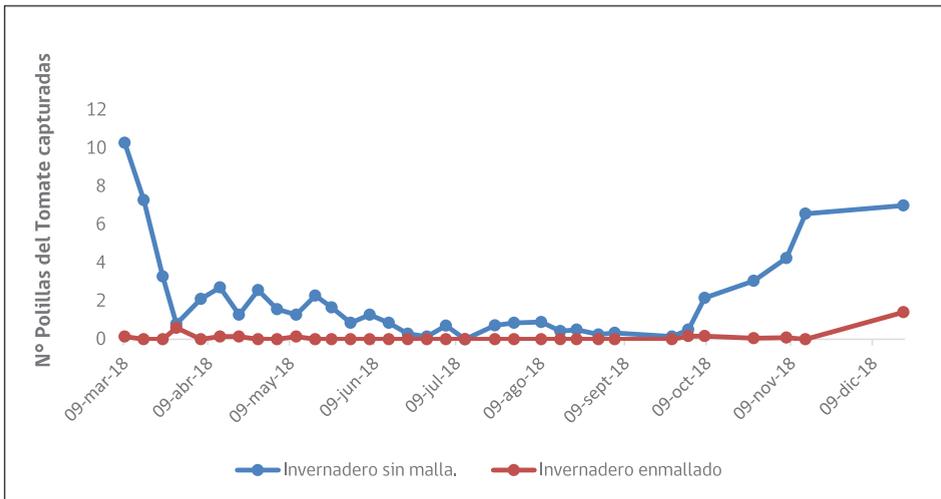


Figura 64. Captura promedio por día de polilla del tomate en Hacienda. Nicolasa, región de Atacama, 2018.

En el caso de mosquita blanca, en el invernadero sin malla anti-insectos se puede observar que existió una baja presión desde el momento del trasplante, a principios de marzo hasta el mes de agosto, con capturas muy bajas (**Figura 65**). Posterior a esta fecha, se registró un aumento de las capturas. En el invernadero enmallado, se registró presión de la plaga en el mes de mayo, condición atribuible a la introducción de la plaga en los plantines. Para reducir tempranamente la infestación se realizó una aplicación de insecticida contra mosquitas blancas. El producto utilizado fue Chess (i.a. Pimetrozina) en dosis de 40 g/hL. Posterior a la aplicación, los niveles poblacionales de la plaga se mantuvieron cercanos a cero no siendo necesaria la realización de nuevas aplicaciones.

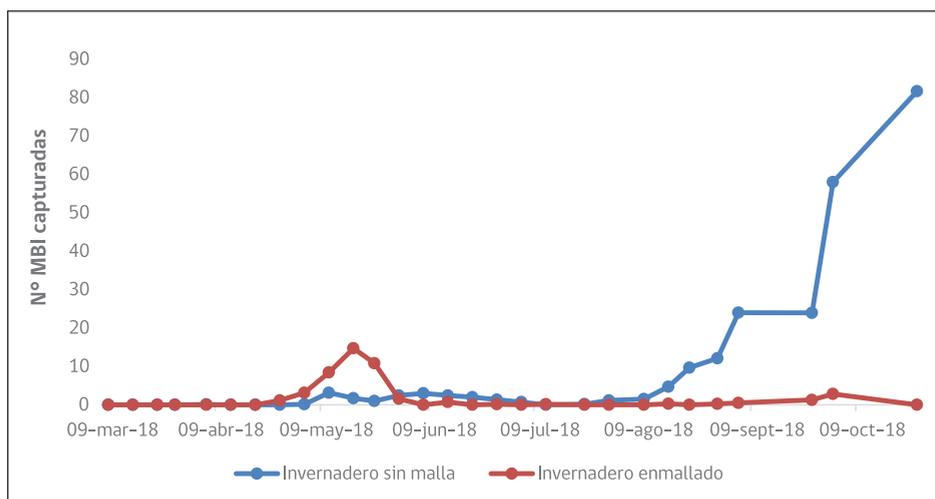


Figura 65. Captura promedio por día de mosquita blanca en Hacienda Nicolasa, región de Atacama, 2018.

En contraste a lo registrado en la unidad demostrativa de Nicolasa, una experiencia de baja eficacia del método de exclusión se dio en la unidad demostrativa de San Pedro, en Copiapó. Repitiendo la misma experiencia, se monitoreó el nivel de la plaga (polilla del tomate), durante toda la temporada del cultivo del tomate en dos invernaderos, uno con malla y otro sin ella. De acuerdo con los monitoreos de ambos invernaderos, se evidenció que las capturas siguieron la misma tendencia tanto en el invernadero con malla anti-insectos, como en el que carecía de ella, variando solamente en el número de individuos encontrados, que fue levemente más alto en el invernadero sin malla (**Figura 66**).

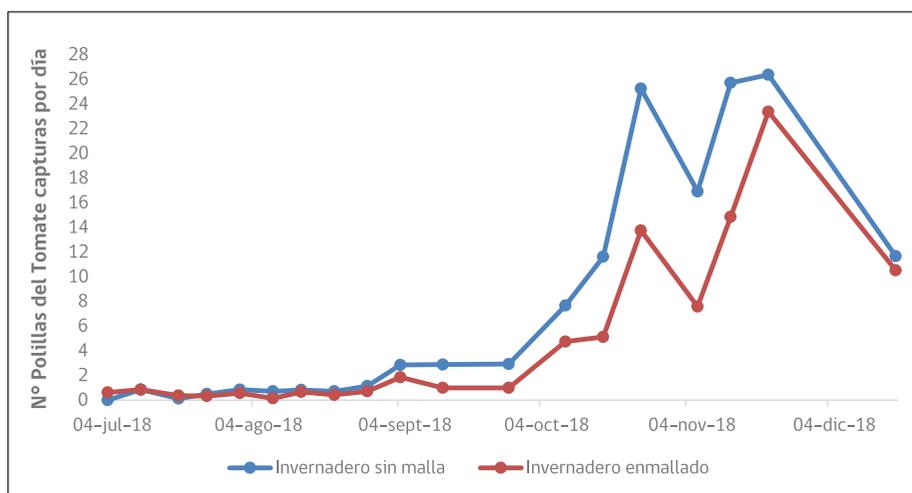


Figura 66. Captura promedio por día de polilla del tomate en sector San Pedro, Comuna de Copiapó, región de Atacama, 2018.

En este caso, los problemas fueron identificados y correspondieron a falta de rigurosidad en la instalación, mantención y manejo de la malla por parte del agricultor.

Sin embargo, se produjo una diferencia notable en el caso de la mosquita blanca (**Figura 67**), donde las capturas en el invernadero enmallado se mantuvieron en bajo nivel, en comparación con el invernadero sin malla, donde se observó un fuerte repunte a partir del mes de octubre.

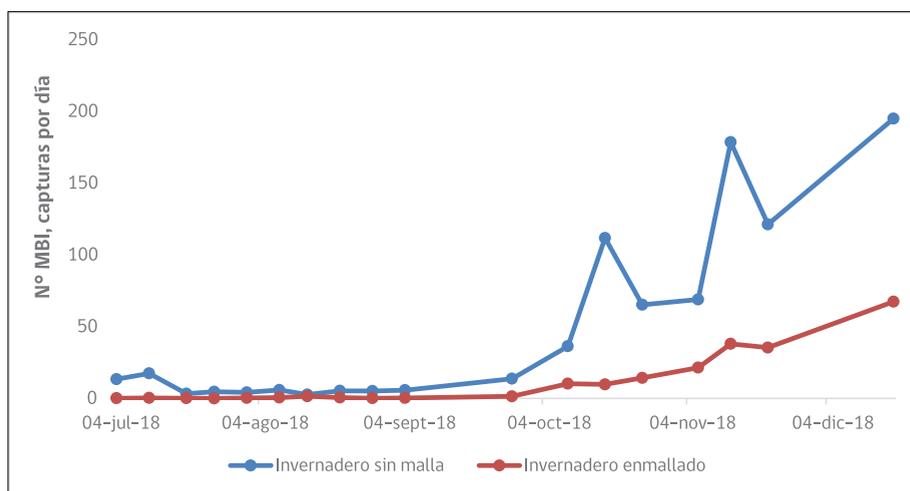


Figura 67. Captura promedio por día de polilla del tomate en sector San Pedro, Comuna de Copiapó, región de Atacama, 2018.

El resultado del monitoreo en las trampas y en las plantas dentro del invernadero con mallas, indicó la necesidad de efectuar varias aplicaciones para la polilla del tomate y para mosquita blanca. Estas aplicaciones (7 en total), fueron en menor número que en el invernadero sin mallas, donde el agricultor realizó sus aplicaciones de rutina (11 en total) basado en su experiencia.

Con respecto a los criterios utilizados para la aplicación de insecticidas, fue indispensable la realización de un monitoreo semanal, con el fin de determinar el nivel poblacional de los insectos plagas de importancia económica para el cultivo.

De esta forma, para el caso de la polilla del tomate se realizó un monitoreo directo en plantas, seleccionando al azar entre 10 a 20 ejes productivos, en los cuales se registró de forma semanal la presencia de huevos y galerías activas (presencia de larvas vivas en el interior de las hojas).

Adicionalmente, se determinó el número de capturas diarias de polillas machos en la trampa de feromona instalada al interior del invernadero.

Al efectuar los monitoreos en trampa y plantas en la unidad de San Pedro, si bien se determinó un bajo nivel de captura de polillas machos en la trampa de feromona durante los primeros

meses de desarrollo, se evidenció un gran porcentaje de ejes productivos con presencia de huevos y/o galerías activas (entre el 45 y 82% de los ejes monitoreados), siendo necesaria la aplicación de insecticidas para su control).

Todas las aplicaciones de insecticidas para el control de la polilla del tomate se efectuaron cuando el nivel poblacional superó el umbral de daño económico, es decir cuando el nivel de captura de polillas machos fue igual o superior a 25 individuos/trampa/día y más del 10% de los ejes productivos monitoreados con presencia de galerías activas y/o huevos.

En relación con la mosquita blanca de los invernaderos, el criterio de aplicación se basó exclusivamente en el nivel poblacional asociado al cultivo. En este sentido, el umbral de daño económico correspondió a la presencia mayor o igual a cuatro adultos por folíolos, o bien, la presencia mayor o igual de ocho ninfas por folíolo en cada eje productivo.

Efecto en el número de aplicaciones de insecticidas

En la Unidad Demostrativa Nicolasa, el total de aplicaciones de insecticidas fue de una en el invernadero enmallado y cinco en el invernadero sin malla (**Cuadros 23 y 24**).

Cuadro 23. Detalle de aplicaciones de plaguicidas en invernaderos de Hacienda Nicolasa, región de Atacama, 2018.

Fecha	Plaguicidas utilizados en invernadero enmallado	Plaguicidas utilizados en invernadero sin malla	Objetivo de la aplicación
17-03-2018	x	Sorba 50 EC (i.a. Lufenurón) + Neres 50% SP (i.a. Monoclorhidrato de cartap)	Polilla del Tomate
11-05-2018	x	Sunfire 240 SC (i.a. Clorfenapir)	Polilla del Tomate
25-05-2018	Chess (i.a. Pimetrozina)	x	Mosquita Blanca
25-05-2018	x	Sorba 50 EC (i.a. Lufenurón)	Polilla del Tomate
22-06-2018	x	Sunfire 240 SC (i.a. Clorfenapir)	Polilla del Tomate
14-09-2018	x	Sorba 50 EC (i.a. Lufenurón)	Polilla del Tomate

Cuadro 24. Número de aplicaciones de insecticidas en invernaderos con y sin mallas, Hacienda Nicolasa, región de Atacama, 2018.

Fecha	Número de aplicaciones en invernadero enmallado	Número de aplicaciones en invernadero sin malla	Objetivo de la aplicación
17-03-2018	0	1	Polilla del Tomate
11-05-2018	0	1	Polilla del Tomate
25-05-2018	1	0	Mosquita Blanca
25-05-2018	0	1	Polilla del Tomate
22-06-2018	0	1	Polilla del Tomate
14-09-2018	0	1	Polilla del Tomate
Total	1	5	

En el caso de Copiapó, en el invernadero enmallado se realizaron siete aplicaciones de insecticidas contra 11 en el invernadero sin malla, situación que resulta congruente con las capturas obtenidas (**Cuadros 25 y 26**).

Se debe hacer notar que, en este caso, sólo dos aplicaciones en el enmallado incluyeron productos para control de mosquita blanca, mientras que todas las aplicaciones incluyeron productos para el control de la polilla del tomate.

Cuadro 25. Detalle de aplicaciones de plaguicidas en Hacienda San Pedro, Copiapó, región de Atacama, 2018.

Fecha	Plaguicidas utilizados en invernadero enmallado	Objetivo de la aplicación	Plaguicidas utilizados en invernadero sin malla	Objetivo de la aplicación
05-06-2018	Entrust + Applaud 25 WP	MBI y PDT	Entrust + Applaud 25 WP	MBI y PDT
06-07-2018	Coragen + Applaud 25 WP	PDT	Success 48 SC + Applaud 25 WP	MBI y PDT
19-07-2018	Abamite Me	PDT	Success 48 SC + Balazo 90 SP	PDT, MBI
03-08-2018	Abamite Me	PDT	Success 48 SC	PDT
06-09-2018	-	-	Talstar	PDT
27-09-2018	-	-	Talstar + Success 48 SC	PDT
13-10-2018	Chess +Entrust	MBI, PDT	Neres 50 SP + Success 48 SC	PDT
26-10-2018	Coragen	PDT	Neres 50 SP + Success 48 SC	PDT, MBI
09-11-2018	-	-	Neres 50 SP + Success 48 SC -	PDT, MBI
01-12-2018	Success 48 SC	PDT	Neres 50 SP + Success 48 SC	PDT + MBI

MBI: Mosquita blanca de los invernaderos

PDT: Polilla del tomate

Cuadro 26. Detalle de aplicaciones de plaguicidas en Hacienda San Pedro, Copiapó, región de Atacama, 2018.

Fecha	Número de aplicaciones en invernadero enmallado	Objetivo de la aplicación	Número de aplicaciones en invernadero sin malla	Objetivo de la aplicación
05-06-018	1	MBI y PDT	1	MBI y PDT
06-07-018	1	PDT	1	MBI y PDT
19-07-018	1	PDT	1	PDT, MBI
03-08-018	1	PDT	1	PDT
23-08-018	-	-	1	PDT
06-09-018	-	-	1	PDT
27-09-018	-	-	1	PDT
13-10-018	1	MBI, PDT	1	PDT
26-10-018	1	PDT	1	PDT, MBI
9-11-2018	-	-	1	PDT, MBI
01-12-018	1	PDT	1	PDT, MBI
Total	7		11	

Cuadro 27. Resumen de productos plaguicidas utilizados en el proyecto.

Tipo	Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Clasificación toxicológica
Insecticida/acaricida	ABAMITE ME	ABAMECTINA	AVERMECTINAS	IV (verde)
Insecticida/acaricida	APPLAUD 25 WP	BUPROFEZINA	1,3,5-TIADIAZIN-4-ONAS	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	BALAZO 90 SP	METOMILO	CARBAMATOS	Ib (Rojo)
Insecticida/acaricida	CHESS	PIMETROZINA	PIRIDINAZOMETINAS	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	CORAGEN	CLORANTRANILIPROL	AMIDAS ANTRANÍLICAS	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	ENTRUST	ESPINOSAD	NATURALITE	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	NEEM-X	AZADIRACTINA	BIOLÓGICO	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	NERES 50 % SP	CLORHIDRATO DE CARTAP	TIOCARBAMATOS	II (Amarillo)
Insecticida/acaricida	SORBA 050 EC	LUFENURÓN	BENZOILUREAS	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	SUCCESS 48	ESPINOSAD	ESPINOSINAS	IV (Verde)
Insecticida/acaricida	SUNFIRE 240 SC	CLORFENAPIR	PIRROLES	II (Amarillo)
Insecticida/acaricida	TALSTAR 10 EC	BIFENTRINA	PIRETROIDES	II (Amarillo)
Fungicida	ACOIDAL - FLO	AZUFRE	AZUFRE	IV (Verde)
Fungicida	BELLIS	BOSCALID / PIRACLOSTROBINA	PIRIDINCARBOXAMIDA / METOXICARBAMATOS	III (Azul)
Fungicida	BONNUS 400 SC	PIRIMETANILO	ANILINOPIRIMIDINA	IV (Verde)
Fungicida	MOXAN MZ WP	CIMOXANILO / MANCOZEB	OXIMAS DE CIANOACETAMIDA/ ALQUILENBIS (DITIOCARBAMATOS)	IV (Verde)
Fungicida	SCORE 250 EC	DIFENOCONAZOL	TRIAZOLES	II (Amarillo)
Fungicida	STATUS SL	EXTRACTO DE TORONJA - Citrus x paradisi (ÁCIDO L-ASCÓRBICO / ÁCIDO CÍTRICO / ÁCIDO L-LÁCTICO)	El Ácido L-ascórbico -cetolactonas / Ácido cítrico y el Ácido L-láctico, ácidos carboxílicos.	IV (Verde)
Fungicida	SYSTHANE 2 EC	MICLOBUTANILO	TRIAZOLES	III (Azul)
Fungicida	TIMOREX GOLD	ACEITE DE ÁRBOL DE TÉ - Melaleuca alternifolia (TERPINEN-4-OL / -TERPINENO)	MONOTERPENOS MONOCÍCLICOS	IV (Verde)
Fungicida	TOPAS 200 EW	PENCONAZOL	TRIAZOL	IV (Verde)

Consideraciones económicas

Las experiencias desarrolladas en el Proyecto, así como antecedentes de investigaciones anteriores, indican que un invernadero con sistema de exclusión manejado adecuadamente debe lograr un resultado productivo tan bueno o mejor que con manejo convencional.

El análisis económico se remite principalmente a comparar los costos de producción en relación con el sistema convencional ya que los ingresos son similares. Cabe destacar que una condición demostrable de bajo uso de plaguicidas gestionada favorablemente puede ser motivo de preferencias de demanda y obtención de mejores precios, lo cual incide en mayores ingresos bajo este sistema.

En cuanto a los costos, el invernadero enmallado tiene mayores costos de inversión, pero debiera incidir en una reducción importante de los costos de producción al disminuir significativamente el número de aplicaciones de plaguicidas.

El costo adicional de inversión corresponde exclusivamente a la colocación de las mallas en ventanas y lucarnas. La cantidad de mallas está asociada al perímetro del invernadero más que a la superficie cubierta, por lo cual, superficies mayores tienen costos proporcionales menores que las superficies pequeñas.

En términos generales, la longitud de malla necesaria corresponde a:

- Perímetro = largo x 2 + ancho de nave x n° de naves x 2
- Lucarnas = ancho de la malla/ancho de tira para lucarna x largo x n° naves

En todas las dimensiones se debe considerar un excedente que permita manipular y estirar la malla para tensarla.

La malla lateral puede ser utilizada para cubrir el espacio desde la caída del techo hasta la cortina basal (conocida como perrera), traslapándose con esta, o colocarla directamente hasta llegar al suelo. Según esto puede variar el requerimiento en cuanto a la anchura de la malla. En las unidades demostrativas del Proyecto se utilizaron mallas de dos anchos, de acuerdo con el tipo de invernadero, siendo de 2 y 3 m, ambas en rollos de 200 m.

En el **Cuadro 28**, se muestran los costos para incorporar malla de 2 m, en invernaderos tipo capilla.

Cuadro 28. Costos de la malla anti-insectos para invernaderos tipo capilla.

Especificaciones de la malla

Tipo de malla	Unidad	Precio neto (\$)	Precio IVA incluido (\$)
Antiafidos 1610 ancho 2 m x largo 200 m	Rollo 200 m	272.000	323.680
Antiafidos 1610 ancho 3 m x largo 200 m	Rollo 200 m	382.200	454.818

Especificaciones del tipo de invernadero

Invernadero tipo capilla con lucarnas	
Longitud de invernadero (m)	30
Ancho de nave (m)	7
Altura de lucarnas	0,4

Costo proporcional de la malla de 2 m de ancho, de acuerdo al número de naves

Nº de naves	Nº de rollos proporcional	Costo IVA incluido (\$)
1	0,47	152.130
2	0,62	200.682
3	0,76	245.997
4	0,91	294.549

§ de febrero de 2018

En la mayoría de los casos se debe asumir el costo de un rollo completo, ya que no se vende por menos, excepto que, la disposición de la malla forme parte del servicio de construcción del invernadero, de forma proporcional.

En caso de comprar rollos completos, con estas dimensiones un rollo de 200 metros alcanza hasta para cuatro naves.

Un detalle importante que considerar es que estas mallas tienen larga duración (5 años), de acuerdo con el fabricante. Esto implica que el valor inicial de inversión habría que distribuirlo en 5 años para asignar un costo anual. En este caso, el costo por año corresponde aproximadamente a \$65.000, el cual puede ser compensado por un menor número de aplicaciones de plaguicidas.

CAPÍTULO 8

VIRUS DE LA MANCHA NECRÓTICA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGAS EN LA REGIÓN DE ATACAMA

Leonardo Rojas P.

Ingeniero Agrónomo

Claudio Salas F.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

claudio.salas@inia.cl

El Virus de la Mancha Necrótica del Impatiens (INSV) en infecciones individuales, o en conjunto con el Virus del bronceado del tomate (TSWV), provoca una serie de sintomatologías y daños en las lechugas, caracterizadas por una necrosis severa en las hojas, que culmina con la pérdida total de la planta. En ciertas condiciones, la enfermedad ataca tan severamente al cultivo, que puede registrar hasta 80% de pérdidas en campo (**Figura 68**).

El INSV fue citado por primera vez para este cultivo en Chile durante la temporada 2013-2014, por especialistas de INIA en la región de Coquimbo (Red Agrícola N°70, 2015). Desde entonces se ha diseminado rápidamente por toda la zona productora de lechugas de la región de Coquimbo, y recientemente ha sido detectado en la región de Atacama con una severidad aún mayor a la observada en Coquimbo.



Figura 68. Plantas de lechugas afectadas por el virus de la mancha necrótica del Impatiens (INSV). Región de Atacama, 2018.

El virus es transmitido por el trips de California (*Frankliniella occidentalis*), (**Figura 69**), condición que lo convierte en una plaga de suma trascendencia para el cultivo de la lechuga.



Figura 69. Ninfa (A) y adulto (B) de trips de California, vector del Virus de la mancha necrótica del Impatiens (INSV).

La transmisión de la infección ocurre cuando las larvas (sin alas) de trips se alimentan desde lechugas que tienen el virus, o de malezas portadoras, como el pacoyuyo (*Galinsoga parviflora*) (**Figura 71**), momento en el que ingieren partículas virales que se multiplican en su intestino, siendo luego de un tiempo alojadas en las glándulas salivales. Una vez que el trips alcanza el estado adulto (con alas) y vuelve a alimentarse, inyecta saliva en los tejidos vegetales inoculando los virus (**Figura 70**), (Salas y Astudillo, 2016).

En el comportamiento de la enfermedad se han identificado algunas características que han ayudado a diseñar una estrategia de control:

- El virus es termolábil, es decir que temperaturas altas reducen su patogenicidad. Esto hace que su incidencia sea mayor en invierno a pesar de que la presión de trips en esta época normalmente es más baja.
- Su efecto patogénico es severo cuando infecta a plantas jóvenes, pero se reduce considerablemente cuando la planta tiene más edad. Esto sugiere que si se puede proteger las plantas en su primera etapa se podría lograr un adecuado control de la enfermedad.

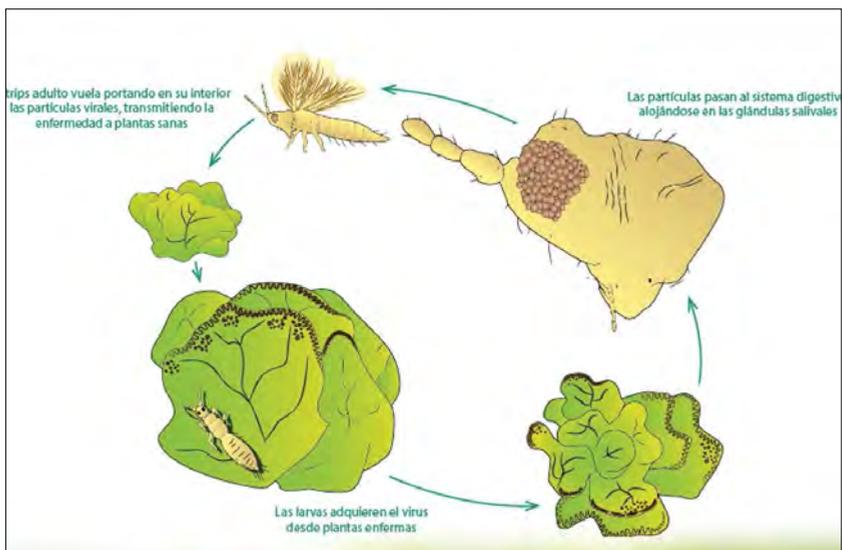


Figura 70. Transmisión del virus de la mancha necrótica del Impatiens (INSV), por el Trips de California. (Fuente: Salas y Astudillo, 2016).



Figura 71. Pacoyuyo, maleza que actúa como reservorio asintomático del virus.

Herramientas para detección del virus

Debido a que la aplicación de insecticidas dirigida al control del vector es totalmente ineficiente cuando la infección ya se encuentra generalizada en el cultivo, resulta fundamental detectar antes del trasplante si los plantines se encuentran infectados por el virus de la mancha necrótica del impatiens (INSV). Sin embargo, las pruebas serológicas de laboratorio, aunque son de gran precisión, son de lenta respuesta. De ahí que el uso de herramientas de detección en campo toma vital importancia, ya que a través de éstas y en un lapso de tan sólo 15 minutos es posible determinar si los plantines se encuentran o no infectados con el INSV.

Existe en el mercado nacional un kit de detección rápida del INSV de la empresa AGDIA®, y distribuido en Chile por Gene X-Press bajo el nombre comercial de Agdia ImmunoStrip® Impatiens necrotic spot virus (INSV), el cual corresponde a una herramienta de fácil uso y de igual precisión que las pruebas serológicas de laboratorio en la determinación de infecciones por el INSV, de acuerdo con validaciones realizadas por Salas y Astudillo (2016).

El kit incluye:

- ImmunoStrips® (tiras blancas)
- Bolsas de muestra que contienen tampón SEB1

Agdia ImmunoStrip® Impatiens necrotic spot virus (INSV) debe almacenarse refrigerado (2 - 8°C) entre usos y herméticamente sellado en el recipiente original en todo momento. ImmunoStrips y el tampón de extracción deben mantenerse a temperatura ambiente (18 - 30°C) antes de su uso.

Se expone a continuación la forma de utilización del kit y la forma de interpretación de los resultados obtenidos (**Figura 72**).



Paso 1: Tomar muestras de plantas sintomáticas o muestras compuestas asintomáticas. El tamaño de muestra óptimo para la prueba es de 2,5 cm² con un peso no superior a los 0,15 g de forma tal de obtener una relación 1:20 de la muestra y la solución tampón. El corte del material vegetal debe ser realizado con una tijera limpia previamente desinfectada con una solución de cloro al 10%.



Paso 2: Corte el borde superior de la bolsa de extracción a lo largo de la etiqueta por sobre la línea de autosellado.



Paso 3: Inserte la muestra vegetal entre la malla presente en la parte interna de la bolsa de extracción de muestras.



Paso 4: Con un objeto sólido sin punta, como por ejemplo una tapa de lápiz, por la parte externa de la bolsa de extracción, macere el tejido vegetal para que entre en contacto con la solución tampón. Macere hasta que se forme una solución homogénea color marrón claro. Deje reposar la muestra por 3 minutos en lugar sombreado.



Paso 5: Abra la bolsa, e inserte una tira ImmunoStrip por la porción de la bolsa destinada para esto, la cual carece de malla. Es muy importante manipular la tira o ImmunoStrip sólo a través de la porción superior destinada para esto.



Paso 6:

- Coloque la bolsa en posición vertical. El resultado puede obtenerse en un plazo de 5 a 30 minutos.
- Una línea: Se observa sólo una línea rosada cuando el test fue realizado de forma correcta, pero el análisis resulta negativo para el INSV.
- Dos líneas: Se observan dos líneas color rosado, cuando el análisis resulta positivo para INSV.
- De ser positivo, se deben tomar las medidas necesarias para evitar el traslado de plantas infectadas al campo.

Figura 72. Modo de uso de la herramienta Agdia ImmunoStrip® Impatiens Necrotic Spot Virus (INSV) de acuerdo con Salas et al. 2018.

En el predio en que se trabajó, en la localidad de Pueblo de San Fernando, Copiapó, se determinó la presencia del virus INSV en campo con la prueba de detección temprana resultado corroborado a su vez por el laboratorio de virología de INIA La Platina.

Incidencia del problema en la región de Atacama

La presencia de la enfermedad causada por el virus INSV dentro de la región de Atacama, se ha reportado solamente en la provincia de Copiapó específicamente en el Pueblo de San Fernando, localidad contigua a la ciudad y en la práctica, integrada al crecimiento urbano. Otra localidad con superficie considerable con cultivo de lechuga corresponde a Chamonate, ubicada al poniente de la ciudad, sin embargo, en este sector no fueron reportados casos de infección por la enfermedad (**Figura 73**).



Figura 73. Ubicación de las principales zonas productoras de lechugas en la provincia de Copiapó, región de Atacama, 2018.

En la localidad de San Fernando, la enfermedad presenta una distribución espacial fuera de la tendencia que sigue en las otras localidades, ya que los predios más afectados se concentran principalmente en torno a uno de los callejones con parcelas de cultivo (Toro Lorca), siendo la enfermedad de baja incidencia en parcelas ubicadas a poca distancia, en los callejones aledaños. Por tal razón, se estableció un acuerdo de colaboración con uno de los productores del sector y más afectado por el virus, para realizar ensayos en su parcela, con el objetivo de aplicar manejos conocidos para el control del virus con la finalidad de lograr un control efectivo del patógeno y evitar su diseminación a las otras localidades vecinas.

Prácticas de cultivo y su asociación con el problema

El cultivo de lechuga, en buena parte del valle de Copiapó y, especialmente en Pueblo de San Fernando, presenta algunas características singulares en comparación a lo habitual en otras zonas productoras de lechuga del país. La principal singularidad es la práctica de siembra directa con posterior raleo (**Figura 74**). Asociado a este método, los productores utilizan semilla de producción propia o “resacada”, práctica poco efectiva ya que, en su mayoría, los productores utilizan riego por surcos, lo cual disminuye la cantidad de semillas que han sido sembradas por el arrastre que produce este tipo de riego con semillas tan pequeñas y livianas.

Este sistema de cultivo resulta en poblaciones irregulares de plantas, lo que podría incidir en un bajo número de plantas a cosecha y bajos rendimientos, pero el principal problema observado durante la ejecución del proyecto, fue que prolonga el período de susceptibilidad en campo, debido a que las plantas no provienen de una almaciguera protegida con cuidados especiales, puesto que en este caso el almácigo se realiza en el terreno definitivo, al aire libre, donde es más difícil lograr la protección. Esto disminuye las posibilidades de control de la enfermedad mediante la estrategia señalada anteriormente.



Figura 74. Plantas de lechuga provenientes de siembra directa al momento de ralear. Región de Atacama, 2018.

Evaluaciones realizadas en control del INSV

Se realizó estudios de fluctuación poblacional del vector *F. occidentalis* a través de capturas en trampas cromáticas de color amarillo durante tres ciclos de cultivo de lechuga, entre el 24 de marzo y el 4 de septiembre de 2018. Las trampas cromáticas fueron dispuestas en un campo de lechugas ubicado en el sector de San Pedro, altamente infectado con el virus INSV.

Respecto del estudio de estrategias de manejo del vector, y con base en los antecedentes de manejo de la región de Coquimbo, se planteó la introducción del sistema de almácigo trasplante proveniente desde plantineras con sistemas de exclusión y testeados para asegurar la sanidad, y el control preventivo de trips en las etapas tempranas del cultivo. Posteriormente, y a la luz de los resultados obtenidos en las primeras evaluaciones, se evaluó también el uso de barreras físicas de protección.

Se expone a continuación un detalle de las evaluaciones realizadas.

Uso de almácigos protegidos y protección temprana con insecticidas.

En estos ensayos se trabajó con almácigos elaborados en La Serena, en una plantinera de hortalizas inscrita en el SAG y que desde 2015 trabaja en coordinación con INIA (**Figura 75**), en aspectos de manejo fitosanitario. La semilla utilizada fue proporcionada por el agricultor de San Pedro, siendo la que usan regularmente, es decir, semilla de producción propia, del tipo Milanesea.

Los almácigos fueron manejados en invernadero con malla anti-insectos y doble puerta. Durante el crecimiento de los almácigos se les aplicó Actigen (i.a. Ácido Salicílico + Quitosano) para favorecer el sistema de “resistencia sistémica adquirida” de las plantas (SAR).

Antes de trasplante las plantas fueron testeadas a través del kit Agdia para INSV.

Con un periodo de 48 horas de anterioridad al trasplante, los plantines fueron sometidos a una inmersión en el insecticida Actara (i.a. Tiametoxam) en dosis de 50 cc/100 litros para darle protección, principalmente contra pulgones.

El trasplante se efectuó de acuerdo con la práctica local para esta técnica, de plantar en seco y regar a continuación (**Figura 76**).



Figura 75. Almácigos de lechugas producidos en condiciones de protección contra trips. Región de Coquimbo, 2018.



Figura 76. Trasplante de almácigos de lechuga en predio de agricultor. Región de Atacama, 2018.

En el **Cuadro 29**, se muestra un resumen de los tres ciclos de cultivo en que se evaluó el control de trips mediante aplicaciones de insecticidas.

Cuadro 29. Resumen de ensayos de control temprano de trips en lechugas para prevención del virus INSV.

Ensayo	Fecha de inicio	Fecha de término	Insecticidas utilizados y secuencia de aplicaciones semanales
Control temprano de trips 1° ciclo	24 marzo	24 abril	Entrust / Karate / Entrust
Control temprano de trips 2° ciclo	23 mayo	26 junio	Neem X / Entrust / Neem X
Control temprano de trips 3° ciclo, con aplicación de cubiertas	27 junio	4 septiembre	Neem X / Zero 5 EC / Entrust / Zero 5 EC / Neem X

Las dosificaciones utilizadas en cada producto fueron las siguientes:

Producto comercial	Ingrediente activo	Dosis utilizada
Entrust	Espinosad	24 cc/100 L
Karate con tecnología Zeon	Lambda-cihalotrina	30 cc/100 L
Neem-X	Azadiractina	400 cc/100 L
Zero 5 EC	Lambda-cihalotrina	30 cc/100 L

En todos los casos se agregó un agente reductor de pH, siendo el producto comercial utilizado Regulux. Las aplicaciones se hicieron cada una semana a partir del trasplante, con pulverizador de mochila.

La población de trips se monitoreó tanto en las trampas cromáticas, como en las plantas. En el caso de las trampas se hicieron conteos una vez por semana, cambiando la trampa y obteniendo el valor diario de trips capturados. En el caso de las plantas se hicieron revisiones una vez por semana de 20 plantas, contabilizando los individuos vivos presentes en el momento.

Evaluación de barreras físicas anti-trips, para el control del INSV

Se evaluó el uso de barreras físicas para el control indirecto de la enfermedad por INSV, lo que además permitió comprobar, de acuerdo con los antecedentes, que la infección se produce por trips y no por otros agentes patógenos o vectores con permanencia en el suelo como sostenían los agricultores del sector. Los ensayos realizados se muestran en el **Cuadro 30**.

Cuadro 30. Resumen de ensayos con cubiertas de exclusión en lechugas.

Ensayos	Fecha de inicio	Fecha de término
Uso de jaulas de exclusión sobre siembra directa de agricultor	4 mayo	1 agosto
Uso de jaulas de exclusión en trasplante de almácigos	15 mayo	11 julio
Control temprano de trips 3° ciclo, con aplicación de cubiertas	27 junio	4 septiembre

En el primer ensayo de exclusión se colocaron jaulas con cubiertas de malla anti-insectos de 60 x 40 x 60 cm de largo, ancho y alto, respectivamente, sobre el terreno recién sembrado por el agricultor y, en el segundo, iguales jaulas fueron puestas sobre almácigos recién trasplantados (**Figura 77**).



Figura 77. Jaulas de exclusión de trips. Región de Atacama, 2018.

El tercer ensayo correspondió a la colocación de cubiertas sobre el 3° ciclo de cultivo con control temprano de trips. En este, aparte de los tratamientos con insecticidas, se incluyeron tratamientos con 7 jaulas de exclusión (4 plantas cada una) y dos tramos de 28 metros cubiertos con manta térmica (**Figura 78**). De estos dos tramos, uno se mantuvo cubierto con la manta por 21 días y el otro se mantuvo por 41 días.

Cabe destacar que las mallas anti-insectos no pueden impedir mecánicamente el paso de los trips, dado que el tamaño de estos insectos es menor que los espacios entre los hilos. Sin embargo, el uso de este tipo de mallas ha dado resultados exitosos en proteger almácigos de la colonización por trips, por lo cual se estima que puede haber otros fenómenos como una posible interferencia visual de la malla, que evita la atracción de estos insectos hacia las plantas que están ocultas.



Figura 78. Colocación de manta térmica sobre lechugas trasplantadas.

Resultados obtenidos

Para el periodo evaluado, se registró un incremento de las capturas de *F. occidentalis* durante los meses de abril y junio (**Figura 79**). Si bien en estos meses, se registran menores capturas de *F. occidentalis* respecto de la época estival, las infecciones por INSV son más severas que en dicho periodo por la condición termolábil del virus.

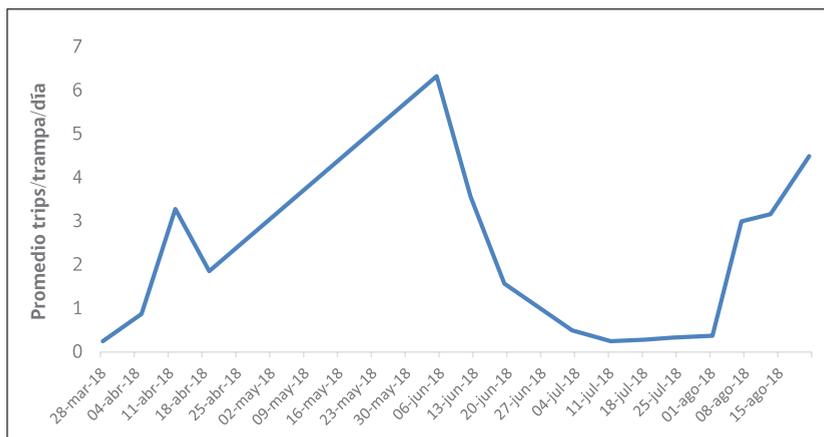


Figura 79. Fluctuación poblacional *F. occidentalis*, sector San Pedro, región de Atacama, 2018.

De acuerdo con lo señalado por Salas y Astudillo (2016), debido a la incidencia y severidad del virus INSV es necesario considerar umbrales de acción para la producción comercial de lechugas en las épocas de otoño/invierno de: 1 trips capturado por día en trampa cromática para los primeros 15 días desde trasplante, y posterior a este periodo y hasta cosecha, 5 trips por trampa por día.

De acuerdo con estos umbrales y lo registrado en las trampas cromáticas, la producción de lechuga en San Pedro tuvo un extenso periodo de exposición al vector trips, especialmente durante los meses de mayo y junio.

Respecto de las estrategias de control, el uso exclusivo de insecticidas no resultó suficiente para reducir el nivel de infección por el virus INSV. Los ensayos donde se realizaron solamente aplicaciones de insecticidas para el control del trips, sufrieron pérdidas de 67–80%. Lo anterior independiente del origen del plantín de lechuga.

Contrario a lo expuesto anteriormente, en los dos casos en que se colocaron jaulas de exclusión ocurrió cero o mínimo porcentaje de plantas con síntomas. Así, en el ensayo donde las jaulas de exclusión fueron dispuestas sobre siembra directa del agricultor, se registraron 6% de plantas con síntomas. Por su parte, en las plantas establecidas bajo manta térmica durante 21 y 41 días, se presentó un 11% de incidencia. Finalmente, en aquellas plantas que se establecieron bajo jaulas no hubo pérdidas.

Conclusiones y recomendaciones

En base a los resultados obtenidos se puede extraer las siguientes conclusiones:

- Se confirma que la causa de la enfermedad que prevalece en el sector de Pueblo de San Fernando, Copiapó, es el Virus de la Mancha Necrótica del Impatient (INSV).
- El vector asociado es el insecto Trips de California (*Frankliniella occidentalis*).
- El control temprano con insecticidas, práctica que ha mostrado eficaz resultado en otras localidades con el problema, no mostró ser efectivo en la localidad de Pueblo de San Fernando, en Copiapó.
- El uso de barreras físicas como la manta térmica y la malla anti-insectos, mostró alta eficacia en el control de la enfermedad al disminuir significativamente el porcentaje de plantas afectadas respecto a las que no fueron cubiertas.

A modo de recomendación, se propone el uso de manta térmica durante el invierno, que es cuando el virus ataca más intensamente. Esto debiera asociarse al riego por goteo por efectos prácticos. La cobertura debe mantenerse hasta las tres semanas postrasplante, o desarrollo similar en siembra directa. La manta térmica ejerce además un efecto de abrigo que apura a las plantas en época invernal. Se debe considerar que el costo de la manta térmica es proporcionalmente muy bajo (aproximadamente \$70 por metro lineal en ancho de un metro) y puede ser utilizada para varias campañas.

Como resultado de las observaciones realizadas en el Proyecto, se recomienda evaluar el uso de distractores visuales en reemplazo de la manta térmica en época calurosa, para prevenir la colonización por trips. Esto podría hacerse mediante la aplicación de pinturas blancas agrícolas (de uso habitual en frutales), tanto a las plantas, directamente, como a bandas en el suelo.

CAPÍTULO 9

MANEJO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE TOMATE

Pablo Meza Durán

Ingeniero Forestal. Dr.

pablo.meza@inia.cl

Los nematodos fitoparásitos son microorganismos de cuerpo no segmentado, incoloro y generalmente vermiforme, **Figura 80**. Habitan en el suelo desde donde acceden a sus hospederos para completar su ciclo biológico. Son considerados importantes antagonistas al desarrollo de los cultivos, ya que deterioran el sistema radical de las plantas. Debido a su tamaño microscópico y hábitos de vida, son difíciles de detectar, identificar y controlar. El daño de los nematodos sobre los cultivos es a menudo subestimado, sin embargo, se ha establecido que en promedio provocan un 10% de pérdidas en la agricultura mundial (Palomares-Rius y Kikuchi, 2013). Este daño se traduce en una disminución del vigor y baja en la productividad, pudiendo llegar a ocasionar la muerte de las plantas.

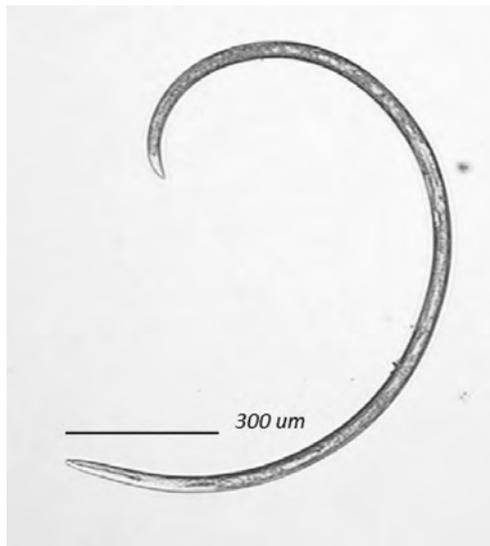


Figura 80. Aspecto general de un nematodo fitoparásito.

El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es uno de los más afectados por nematodos fitoparásitos, alcanzando un promedio de 20,6% de pérdidas a nivel mundial (Palomares-Rius y Kikuche, 2013). Chile no es la excepción a esta regla, registrándose graves daños en las zonas centro-sur y norte del país. Esto ha obligado a algunos productores a utilizar como sustrato turba o fibra de coco en vez de suelo.

El manejo de nematodos fitoparásitos en tomates cultivados bajo invernadero pueden ser complejo, ya que las condiciones de temperatura y humedad son particularmente favorables para estos fitoparásitos. Si a estas condiciones se le agrega un suelo arenoso y una variedad susceptible e intolerante, las consecuencias de su actividad pueden ser desastrosas. Para contrarrestar el daño ocasionado por nematodos fitoparásitos es necesario plantear una estrategia de manejo que integre diversas alternativas, es decir, realizar un Manejo Integrado, como se discutirá más adelante.

Nematodos fitoparásitos en el cultivo del tomate

Los nematodos fitoparásitos pueden ser clasificados de acuerdo con su hábito parasitario. Cuando la hembra adulta se establece dentro de la raíz se clasifican como endoparásitos y cuando lo hace fuera de ella se conocen como ectoparásitos. Además, si se mueven activamente de un punto de ataque a otro se conocen como migratorios, de lo contrario se conocen como sedentarios. En términos generales, los nematodos endoparásitos y semiendoparásitos sedentarios son más difíciles de controlar.

Son varios los géneros de nematodos fitoparásitos que pueden atacar las raíces de tomates, entre ellos, *Meloidogyne* spp.; *Pratylenchus* spp.; *Xiphinema americanum sensu lato*; *Trichodoridosis*; *Hemicycliophora* spp., *Tylenchorhynchus* spp.. Luego de varias temporadas de evaluaciones en zonas productivas de Chile, hemos detectado que son principalmente tres las situaciones asociadas al cultivo del tomate. La primera, donde el género de nematodos predominante es *Meloidogyne* spp. (nematodos agalladores), la segunda donde existe una mezcla de los géneros mencionados anteriormente y la tercera, donde no se observan fitoparásitos de importancia económica. A continuación, se entrega una breve descripción de los principales géneros de importancia económica asociados a este cultivo:

***Meloidogyne* spp.** (Nematodo agallador). Nematodos endoparásitos sedentarios, las hembras inducen la formación de agallas radiculares características de este género (**Figura 81**). La importancia de estos nematodos radica en la reducción paulatina del rendimiento y el aumento de la susceptibilidad del cultivo frente a otras enfermedades, por ejemplo, *Fusarium* sp.



Figura 81. Raíz de tomate con fuerte agallamiento provocado por *Meloidogyne* spp.

***Pratylenchus* spp.** (Nematodo de las lesiones). Nematodo endoparásito migratorio, causa necrosis en el sistema radicular a medida que se moviliza dentro de los tejidos de la raíz (**Figura 82**). Su daño es tanto directo, al alimentarse de los tejidos, como indirecto, al disminuir la resistencia natural de la planta frente a otras enfermedades.



Figura 82. Lesiones radiculares provocadas por *Pratylenchus* spp.

***Xiphinema americanum* s. l.** (Nematodo daga). Ectoparásitos migratorios, que se alimentan de raíces y raicillas insertando para ello su largo y poderoso estilete en ápices radiculares, provocando deformaciones y agallas apicales (**Figura 83**). Produce un daño directo en raíces y, además, son vectores de virus.



Figura 83. Sistema radicular atacado por *Xiphinema* spp.

***Hemicycliophora* spp.**, (Nematodo de vaina). Son ectoparásitos sedentarios, que usualmente se alimentan cerca del ápice radicular y pueden provocar hinchazones apicales y sistemas radicales débiles (**Figura 84**).



Figura 84. Raíces atacadas por *Hemicycliophora* spp.

Trichodoridos. (Nematodos deformadores). Son ectoparásitos migratorios, asociados a crecimiento anormal de raíces, muchas veces ocasionan sistemas radiculares ramificados de raíces cortas. Su importancia no es sólo por el daño directo, sino también por ser transmisores de virus.

***Tylenchorhynchus* spp.** (Nematodo estilete). Ectoparásito migratorio que puede dañar las raíces provocando falta de crecimiento radicular.

Nematodos de vida libre. Esta clasificación agrupa diferentes géneros de nematodos bacteriófagos, fungívoros, depredadores y saprófitos que se alimentan de materia orgánica en descomposición o de microorganismos tales como bacterias. En general, son benéficos para los suelos.

Principales medidas preventivas

Para prevenir y limitar la infestación por nematodos fitoparásitos en cultivos agrícolas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Mantener un programa de monitoreo permanente. Para esto, se deberán tomar muestras de suelo y enviarlas a laboratorios especializados para la obtención de un análisis nematológico (Meza y Muñoz, 2015).

El análisis nematológico tiene como objetivo identificar y cuantificar los nematodos fitoparásitos en el suelo, es decir, es un análisis cualitativo y cuantitativo. Una muestra de suelo puede representar entre 1 y 2 hectáreas y debe estar constituida por unas 20 a 25 submuestras. El muestreo puede ser del tipo asterisco (**Figura 85 A**) o del tipo zig-zag (**Figura 85 B**). Las submuestras deben ser tomadas idealmente con barreno o pala a una profundidad de entre 0 y 40 cm. Es necesario juntar las submuestras en un recipiente y preparar una mezcla homogénea. A partir de esta mezcla se debe tomar una sola muestra (muestra compuesta) de aproximadamente 1 a 1,5 kilos, la que debe ser puesta en una bolsa plástica, rotulada, almacenada en un lugar fresco sin exponerla al sol y enviada al laboratorio de Nematología de INIA-La Platina. Idealmente se deben incluir raíces y raicillas.

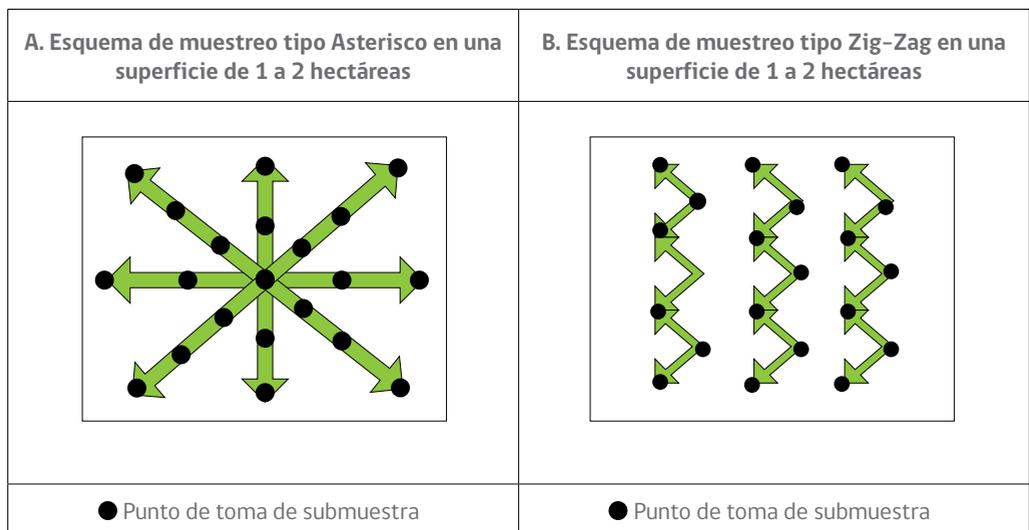


Figura 85. Tipos de muestreo de suelo para análisis nematológicos. A, tipo asterisco B, tipo Zig-Zag.

Para un diagnóstico nematológico eficiente, la muestra de suelo debe ser tomada antes del establecimiento de las plantas en terreno. De esta forma se podrá evaluar si la población de nematodos alcanza niveles perjudiciales para el desarrollo del cultivo. Por convención el análisis nematológico se realiza en 250 gr de suelo y, además de cuantificar la población de nematodos fitoparásitos, indica la cantidad de nematodos de vida libre. Es recomendable que la interpretación de los resultados sea realizada por un especialista, quien deberá indicar la pertinencia o no de medidas de control.

1. Otra medida preventiva es el uso de material vegetal (semillas, plantas, estacas, etc.), certificado y libre de nematodos fitoparásitos.
2. Cualquier elemento (agua, sustratos, bolsas, macetas, etc.) que se utiliza en la propagación o manipulación del material vegetal, debe estar libre de nematodos fitoparásitos.
3. Para disminuir el riesgo de infestación, es recomendable mantener un programa de lavado de herramientas y maquinarias de uso agrícola, tanto las propias como las provenientes de otros predios. Se debe eliminar, especialmente, el suelo adherido a ruedas, discos de arado o cualquier parte de las herramientas y maquinarias que puedan transportar nematodos desde zonas infestadas a zonas libres de estos fitoparásitos. Cabe destacar que, aunque un predio agrícola haya sido diagnosticado con nematodos fitoparásitos, siempre es conveniente evitar el ingreso de material contaminado, ya que pueden ingresar nuevos géneros o incluso nuevas especies de los géneros ya existentes, este ingreso aumenta la diversidad de nematodos fitoparásitos en el predio restringiendo el número de variedades y especies vegetales que pueden ser cultivadas en él.
4. Se debe observar sintomatologías en la fitomasa aérea (parte aérea) de los cultivos. Aunque muchas veces la presencia de nematodos fitoparásitos no provoca síntomas tan claros y evidentes, la falta de vigor, amarillamiento y decaimiento de plantas, podrían indicar la presencia de nematodos.
5. Es muy importante observar las raíces. La presencia de agallas, quistes, engrosamientos apicales, deformaciones, lesiones y sistemas radicales débiles son síntomas típicos del ataque de nematodos fitoparásitos. En caso de observarlos, se debe contactar a un especialista.
6. La prevención de la infestación con nematodos fitoparásitos a un predio agrícola es fundamental, porque luego de su ingreso, su erradicación es prácticamente imposible.

Consideraciones en el manejo de nematodos fitoparásitos

Para contrarrestar el daño ocasionado por nematodos fitoparásitos, se debe implementar una estrategia de Manejo Integrado que tenga en cuenta técnicas de manejo agronómico o cultural, uso de variedades resistentes o tolerantes, aplicaciones de nematicidas fumigantes y no fumigantes, control biológico y uso de bioestimulantes, entre otros, **Figura 86**.

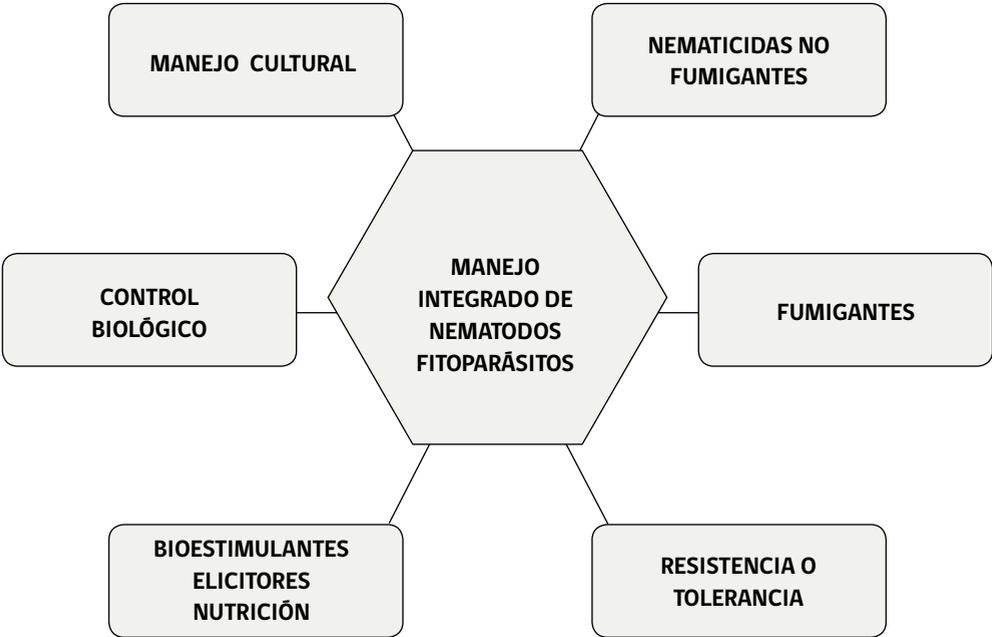


Figura 86. Algunas componentes del Manejo Integrado de nematodos fitoparásitos. (Laboratorio Nematológico de INIA-La Platina, 2019).

La mayoría de los componentes de este esquema deben ser considerados o implementados en pre-plantación. De todas formas, para que un esquema de manejo sea eficiente, es necesario tener claridad de los géneros (idealmente especies) de nematodos presentes en el lugar, dadas sus características particulares. Por ejemplo, *Meloidogyne* spp. es más agresivo y difícil de manejar que *Tylenchorhynchus* spp. Además, se deben tener en cuenta las características propias de los sistemas productivos, época de establecimiento, disponibilidad de riego tecnificado y cualquier otra variable que pueda condicionar la implementación de alternativas de manejo. En el cultivo del tomate una situación que

requiere un esquema de manejo más intensivo, es una plantación planificada para inicios de verano, en un invernadero con una alta población de *Meloidogyne* spp., (superior a 20 juveniles en 250 g de suelo) y en un suelo arenoso.

Uno de los componentes del Manejo Integrado es el Manejo Cultural o Agronómico, el que considera una serie de técnicas y medidas que contribuyen a disminuir el daño ocasionado por nematodos fitoparásitos. Dentro de estas se encuentran el barbecho, la solarización y la biofumigación (Meza y Rojas, 2018). La biofumigación es una técnica que permite el control de patógenos de suelo (nematodos, hongos, bacterias), en base a la acción fumigante de las sustancias volátiles producidas por la descomposición de la materia orgánica fresca, previamente picada e incorporada al suelo. Esta técnica considera especialmente el uso de plantas de la familia de las brassicáceas (tales como, coliflor, repollo, brócoli y otras). También se puede agregar estiércoles o guano para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

Es recomendable adicionar entre 5-10 kg de materia orgánica (vegetal y guano) por metro cuadrado de superficie. Luego de la incorporación de materia orgánica se debe implementar riego y el terreno debe ser cubierto con plástico. La acción conjunta de los gases liberados durante la descomposición de las brásicas (isotiocianatos), de la temperatura y de la humedad, contribuyen al control de patógenos del suelo. En general, es recomendable un período cercano a los 2 meses, idealmente en época estival, para lograr un resultado óptimo.

Favorecer la alternancia y rotación. En Chile, algunos de los mayores problemas asociados a nematodos fitoparásitos han sido registrados en sectores con monocultivos de tomates, de papas, de remolacha o de ajos. Esta mala práctica provoca que las poblaciones de patógenos de suelo alcancen niveles muy altos, lo que limita considerablemente el establecimiento del cultivo siguiente. Cabe destacar que pequeños productores de la zona central del país, que luego del cultivo de tomate alternan el uso de sus naves con otros cultivos (habas, maíz, avena u otros) o que las dejan en receso productivo, incorporando materia orgánica al suelo, han logrado una convivencia con nematodos fitoparásitos sin tener que utilizar nematicidas.

Dentro de las medidas de Manejo Agronómico de nematodos, es recomendable que, una vez terminado un ciclo de producción, se remuevan las raíces del campo, dado que los estados adultos, juveniles, infestivos y masas de huevos adheridas a ellas, son inóculos para el cultivo siguiente. También es conveniente eliminar malezas, ya que estas pueden ser hospederos alternativos para nematodos fitoparásitos.

Las aplicaciones con materia orgánica son convenientes, ya que estas mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, pueden aumentar la población de enemigos naturales de los nematodos fitoparásitos y, además, su descomposición libera sustancias tóxicas para estos fitoparásitos.

Otro componente del manejo integrado de nematodos fitoparásitos es el uso de variedades resistentes o tolerantes. Esta alternativa es la más económica, amigable con la salud humana y con el medio ambiente, sin embargo, para su implementación es necesario buscar una variedad que sea resistente o tolerante a las especies fitoparásitas presentes en el campo. En Chile, los portainjertos de tomates han mostrado mayor tolerancia a nematodos agalladores que las plantas francas, sin embargo, permiten su reproducción por lo que su resistencia es limitada. Esto probablemente se deba a que existe muy poca información en cuanto a la relación entre estos portainjertos y las especies de *Meloidogyne* identificadas en el país, entre las que destaca *M. ethiopica* (Meza et al. 2016).

Si las técnicas o medidas mencionadas anteriormente no son suficientes para controlar la población de nematodos fitoparásitos en un predio, será necesario el uso de nematicidas. Los nematicidas pueden ser clasificados como fumigantes o no fumigantes, debiendo los primeros ser aplicados en pre-plantación, existen diversas alternativas en el mercado, por ejemplo, Metam Sodio; 1,3-Dicloropropeno, entre otras. Frente a altas poblaciones de nematodos, se han obtenido buenos resultados con su uso, sin embargo, debe tenerse en cuenta que no eliminan los nematodos del suelo y generalmente se observan reinfestaciones que obligan a nuevas aplicaciones. En cuanto a los nematicidas no fumigantes, también existen diversas alternativas, como Fluopyram, Cadusafos, Fenamifos, entre otros. En general, los mejores resultados en investigaciones realizadas en INIA, se han obtenido con aplicaciones en pre-plantación. No obstante, altas poblaciones de nematodos agalladores han sido registradas en la postcosecha de tomates en invernadero, cuando la planta está en franco decaimiento, por lo tanto, este también es un buen momento para realizar una aplicación de un nematicida no fumigante.

Por otra parte, existen productos biológicos con un buen potencial para el control de nematodos fitoparásitos. Asimismo, el uso de bioestimulantes radiculares y elicitores debe ser considerado en la planificación de un esquema de Manejo Integrado de nematodos fitoparásitos.

Finalmente, es necesario mencionar que no existe una estrategia universal de Manejo Integrado de nematodos fitoparásitos aplicables a todos los campos, ya que cada productor tiene condiciones agronómicas particulares. De todas formas, en este documento se han presentado diversas medidas y alternativas que deben ser consideradas durante la planificación de un esquema de manejo de nematodos. Este esquema permitirá el resguardo de la sanidad radicular de los cultivos, manteniendo o mejorando su productividad.

CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES GENERALES

La producción hortícola de la región de Atacama deberá enfrentar grandes desafíos en el corto plazo. Uno de los principales y tal vez más complejos, corresponde a la situación de escasez hídrica que, si bien afecta actualmente a todo el territorio nacional, es de mayor trascendencia en regiones desérticas como la de Atacama. Enfrentar este desafío implica un trabajo conjunto en el que agricultores y autoridades regionales definen y formulan planes de trabajo orientados a ser eficientes en la utilización de este bien renovable, pero limitado, que es el agua. A través del estudio se detectó que en la actualidad los productores de hortalizas de la región de Atacama no utilizan parámetros técnicos para determinar la real demanda de agua de los cultivos, haciendo por tanto un mal uso del recurso hídrico. Junto a lo anterior, se detectó que aún existen agricultores que utilizan riegos poco eficientes como el llamado por surco, uno de los métodos menos eficiente del riego intrapredial para zonas de escasez hídrica. Esta situación requiere ser resuelta a la brevedad posible ya que los pronósticos climáticos aplicados para nuestro país prevén un prolongado periodo de sequías, incrementado tal vez por el fenómeno de cambio climático.

Una limitante que impide avanzar con mayor rapidez para resolver este problema radica en la edad avanzada y el bajo nivel de escolaridad de los productores de hortalizas de la región. Lo anterior, por ejemplo, impide que utilicen herramientas digitales orientadas a realizar buena gestión del recurso hídrico. Lo anterior debe ser abordado por las autoridades regionales competentes a través de ciclos de capacitación en gestión sustentable e integrada del agua.

Otro desafío del rubro hortícola regional corresponde a satisfacer las demandas de alimentos de los nuevos consumidores, personas informadas que exigen que los alimentos y en especial las hortalizas, cumplan con calidad organoléptica pero también con inocuidad, de forma tal que no existan elementos o agentes que representen riesgos para su salud, como por ejemplo presencia de residuos de plaguicidas.

El estudio reveló que, entre los productores de hortalizas encuestados, existe bajo conocimiento en técnicas sostenibles de manejo de plagas, recurriendo gran parte de ellos a la realización de aplicaciones de insecticidas o fungicidas químico-sintéticos de forma calendarizada con el consecuente impacto económico y ambiental. Lo anterior afecta la competitividad de sus negocios al impedirles optar a mercados con mayores retornos, siendo la inocuidad una de las principales barreras.

Junto con hacer un diagnóstico detallado de la condición fitosanitaria de los productores de tomates y lechugas de la región, el cual servirá sin dudas de base para futuras intervenciones. Mediante el estudio se estableció en diversos puntos de producción de hortalizas de la región, unidades demostrativas de producción con baja carga de plaguicidas. Estas unidades demostrativas sirvieron para la realización de diversas actividades de capacitación de agricultores, así como también a asesores y técnicos. Estas unidades demostrativas servirán para dar sostenibilidad y trascendencia a la iniciativa ejecutada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y financiada por el Gobierno Regional de Atacama.

CAPÍTULO 11

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHIPIA. 2017. Reporte de Notificaciones 2017. Red de Informaciones de Alertas Alimentarias (RIAL). Disponible en <<https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/Informe-RIAL-2016.pdf>> [Consulta: 05 de marzo 2019].
- AGROMET. Red Agrometeorológica de INIA. En: www.agromet.inia.cl. Consultada 04/12/2018.
- Baeza, E., J.I. Montero, J. Pérez-Parra, B.J. Bailey, J.C. López y J.C. Vázquez. 2014. Avances en el estudio de la ventilación natural. Documentos Técnicos N°7. Ed. Cajamar Caja Rural, 61 p. En: www.publicacionescajamar.es/publicaciones@cajamar.com.
- Cámaras de Ensayos-CCI Control de Calidad. Envejecimiento inducido por la radiación UV del sol sobre la tierra. En: www.cci-calidad.com.
- CCIRA-CIREN. 2015. Diseño de metodología para realización de catastro hortícola regional, determinación de oferta y demanda del sector y diseño de estrategias de competitividad asociadas a la actividad hortícola regional. Informe Consolidado. Corporación para la Competitividad e Innovación de la Región de Atacama, (CCIRA). 144 p.
- CIREN. 2017. Diagnóstico territorial de la situación hortícola región de O'Higgins. Publicación CIREN N°200. [En línea] Disponible en < <https://www.ciren.cl/proyectos/sistema-de-monitoreo-territorial-horticola-region-de-ohiggins/>> [Consulta: 05 de febrero 2019].
- Correa, A., C. Quiroz, P. Sepúlveda, C. Salas, S. Moyano, S. Elgueta y C. Astudillo. 2017. Fortalecimiento de la inocuidad en hortalizas de hoja. Estrategias de manejo fitosanitario en lechuga, acelga y espinaca. 97 p. Boletín INIA N°348. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Evaluación de Predios Agrícolas Afectados por Aluviones en la región de Atacama: Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. (abril 2015). <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26069>.
- Estrategia Regional de Desarrollo de Atacama, Subdere www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/desarrollo_de_atacama.pdf Estrategia Regional de Desarrollo de Atacama 2007-2017.
- González, V., R. Sepúlveda y M. González. 2014. Mejoramiento de los sistemas de producción de tomate bajo malla anti insectos. Boletín INIA N°293. 70 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA La Platina, Santiago, Chile.
- Hortalizas frescas - ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. In <https://www.odepa.gob.cl/rubros/hortalizas-frescas>.

- INDAP, 2014. Los hogares campesinos evolucionan hacia una nueva realidad y surgen nuevos actores. Lineamientos estratégicos 2014-2018 por un Chile rural inclusivo. p. 37-38. Disponible en < <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/lineamientos-estrategicos.pdf?sfvrsn=0> > [Consulta: 05 de febrero 2019].
- INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Resultados Preliminares 2006-2007. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura.
- Karipidis, P., K, Athanassiadisb, S. Aggelopoulou, E. Giompliakisc. 2009. Factors affecting the adoption of quality assurance systems in small food enterprises. Food Control, Volume 20, February 2009. P. 93-98.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin 139:1-8.
- Larraín, P., E. Alcaíno, C. Salas, C. Contreras y F. Graña. 2012. Exitosa experiencia de manejo de plagas en invernaderos de tomates con métodos de exclusión. Revista Tierra Adentro 99:(29-36).
- López-López, A. y C. Benavides-León. 2014. Respuesta térmica del invernadero de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. En Agronomía Mesoamericana 25(1):121-132.
- Meza, P. y Muñoz, M. 2015. Amenaza Bajo Tierra: Ocho Medidas para Prevenir y Limitar la infestación con nematodos fitoparásitos. Revista MUNDOAGRO 7(71), 50-51.
- Meza, P. y Rojas, L. 2018. Manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero. XXVI Congreso de la Sociedad Chilena de Fitopatología, SOCHIFIT, Valdivia-Chile, 28 al 30 de noviembre del 2018.
- Meza, P., B. Soto, L. Rojas and D. Esmenjaud, D. 2016. Identification of Meloidogyne species from the Central Valley of Chile and interaction with stone fruit rootstocks. Plant Disease, 100(7):1358-1363.
- MINSAL. 2005. Reglamento de pesticidas de uso sanitario y domestico Decreto N° 157 de 2005. Disponible en < http://www.ispch.cl/ley20285/t_activa/marco_normativo/7c/dec_157_05.pdf> [Consulta: 4 de enero 2019].
- Muñoz, M., L. Lucero, V. Iglesias y M. Muñoz. 2014. Vías de exposición a plaguicidas en escolares de la Provincia de Talca. Disponible en < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213911114000107> > [Consulta: 17 de enero 2019].
- Nicholls, C. y M. Altieri. 2006. Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. N°77, 2006, Costa Rica.

- ODEPA. 2017. Agricultura chilena Reflexiones y Desafíos al 2030. El cambio climático y los recursos hídricos de Chile. p. 147-177. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf_2030-1.pdf> [Consulta: 21 de enero 2019].
- ODEPA. 2017. Agricultura orgánica: agosto de 2017. Disponible en <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/organico2017.pdf>> [Consulta: 18 de enero 2019].
- ODEPA. 2018. Región de Atacama información regional. Actualización febrero 2018. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Atacama.pdf>.
- Oportunidades y desafíos de las Hortalizas en Chile - CER www.ceresearch.com/www/oportunidades-y-desafios-de-las-hortalizas-en-chile/.
- ODEPA. 2019. Boletín de hortalizas frescas. Febrero del 2019. Disponible en <<https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletin-de-hortalizas-frescas-febrero-de-2019>> [Consulta: 02 de Marzo 2019].
- Ortega, R. 2016. Una herramienta esencial para el diagnóstico nutricional y el manejo integrado de la nutrición. Revista RedAgrícola, noviembre. Disponible en <<http://www.redagricola.com/cl/analisis-suelo-revisado-una-herramienta-esencial-diagnostico-nutricional-manejo-integrado-la-nutricion/>> [Consulta: 18 de marzo 2019].
- Palomares-Rius, J. and T. Kikuche, 2013. Omics fields of study related to plant-parasitic nematodes. Journal of Integrated Omics (3) 1: 1-10.
- Producción De Hortalizas En Chile, Una mirada a la Industria y a sus frutas y hortalizas http://www.agronomia.uchile.cl/documentos/documento-hortalizas-cia_136089_0_4344.pdf.
- Proyecto CHI/00/G32 "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables". 2008. Irradiancia solar en territorios de la República de Chile. Registro solarimétrico. En: https://issuu.com/jovenestehuelches/docs/registrosolarimetrico_de_chile.
- Revista RedAgrícola. Abril 2017. Hortalizas. En: <http://www.redagricola.com/cl/modelo-propio-construccion-acelerada/abril2017>.
- Riquelme, A., F. González., P. Contreras., P. Mazuela. 2013. Manejo del cultivo de hortalizas y su efecto en la sustentabilidad de un valle costero del desierto de Atacama, Chile. Idesia, volumen 31, octubre 2013. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000300016> [Consulta: 17 de enero 2019].
- Rojas, C. y A. Valenzuela. 2005. Buenas Prácticas Agrícolas en el Rubro Hortícola. Revista Tierra Adentro N°64:38-41.

- Sallam, A. 2015. Effectiveness of certain insecticides against the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/274665666_Effectiveness_of_certain_insecticides_against_the_tomato_leaf_miner_Tuta_absoluta_Meyrick_Lepidoptera_Gelechiidae> [Consulta: 04 de enero 2019].
- Salas, C. y C. Astudillo. 2016. Mitigación de enfermedades virales transmitidas por trips a lechugas. Informativo INIA N°53, marzo de 2016. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Salas, C., Quiroz, C., Astudillo. 2017. Manejo fitosanitario de insectos realizados por productores hortícolas nacionales. In Correa, A., C. Quiroz, P. Sepúlveda, C. Salas, S. Moyano, S. Elgueta y C. Astudillo. 2017. Fortalecimiento de la inocuidad en hortalizas de hoja. Estrategias de manejo fitosanitario en lechuga, acelga y espinaca. 97 p. Boletín INIA N°348. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.
- Salas, C., A. Layana y L. Rojas. 2018. Herramienta de detección temprana del virus de la mancha necrótica del Impatiens (INSV) en lechugas. Ficha Técnica INIA N°32, 2018. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.
- Sepúlveda, P., P. Larraín, M. Rosales y C. Rojas. 2010. Manejo de la mosquita blanca del tabaco (*Bemisia tabaci*), principal vector de virus en tomates del Valle de Azapa. Informativo No.14. INIA-Ururi. 4 p.
- Woodcock, B. A., J. M. Bullock, R. F. Shore, M. S. Heard, M. G. Pereira, J. Redhead, L. Ridding, H. Dean, D. Sleep, P. Henrys, J. Peyton, S. Hulmes, L. Hulmes, M. Sároszpataki, C. Saure, M. Edwards, E. Genersch, S. Knäbe and R.F. Pywell. 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. Science, 30 Jun 2017: Vol. 356, Issue 6345, pp. 1393-1395. DOI: 10.1126/science.aaa1190.
- VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal - INE ATACAMA www.ineatacama.cl/archivos/files/pdf/.../Censoagropecuario_2007.pdf, 1 mar. 2007.
- Zolezzi, M. 2012. Fortalecimiento de la competitividad hortofrutícola: producción de alimentos inocuos en la región metropolitana. Instituto de Investigación Agropecuaria. Boletín INIA N°241. Disponible en <<http://www2.inia.cl/medios/platina/boletin/NR38420.pdf>> [Consulta: 18 de marzo 2019].



Boletín INIA / N°408
www.inia.cl

