



GOBIERNO DE
CHILE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

InnovaChile
CORFO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

FORMULACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA PARA LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL VALLE DE AZAPA



Editores
Abelardo Villavicencio P.
Francisco Tapia F.

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA - Nº 215



GOBIERNO DE
CHILE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

InnovaChile
CORFO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

FORMULACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA PARA LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL VALLE DE AZAPA



Editores:

Abelardo Villavicencio P.
Francisco Tapia F.

Proyecto: Código 07CN13IAM-27

INIA - URURI
Arica, 2010

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA - Nº 215

Autores de capítulos:

Valeska González F., Ing. Agrónomo. INIA - Ururi.
Claudia Rojas B., Ing. Agrónomo. INIA - Ururi.
Abelardo Villavicencio P., Ing. Agrónomo, M.Sc. INIA - Ururi.
Patricia Estay P., Ing. Agrónomo, M.Sc. INIA - La Platina.
Rafael Ruiz Sch., Ing. Agrónomo, Ph.D. INIA - La Platina.
Paulina Sepúlveda R., Ing. Agrónomo, M.Sc. INIA - La Platina.
Francisco Tapia F., Ing. Agrónomo, M.Sc. INIA - La Platina.
Patricia Larrain S., Ing. Agrónomo, M.Sc. INIA - Intihuasi.
Jorge Jerez B., Ing. Agrónomo, Ph.D. INIA - Carillanca.
José María Peralta A., Ing. Agrónomo, Ph.D. Dirección Nacional INIA.
Dante Bobadilla G., Ing. Ejecución Agrícola. Universidad de Tarapacá.
Evelyn Cajías A., Ing. Agrónomo. Universidad de Tarapacá.
Pedro Gallo D., Ing. Ejecución Agrícola. Universidad de Tarapacá.
Germán Sepúlveda Ch., Ing. Agrónomo, Dr. Universidad de Tarapacá.
Héctor Vargas O., Ing. Agrónomo, M.Sc. Universidad de Tarapacá.
Francisco Tapia C., Ing. Civil Industrial. Universidad Mayor.

Director Responsable:

Guido Herrera M.
Ing. Agrónomo, Ph.D.
Director Regional INIA - La Platina.

Boletín INIA N° 215.

Cita bibliográfica correcta:

Villavicencio, P. y Tapia, F. 2010. Formulación de Sistemas de Producción Limpia para los Principales Cultivos del Valle de Azapa. Proyecto Innova Chile de Corfo. Arica, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 215. 140p.

© 2010. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA.
INIA - Ururi. Magallanes 1865, Arica. Teléfono (56-58) 313676.

ISSN 0717 – 4829.

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

Corrección de textos: Marisol González Y., Ing. Agrónomo, M.Phil. INIA - La Platina.

Corrección técnica: Comité técnico del proyecto.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.

Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1.000

Santiago, Chile, 2010.

**PROFESIONAL SUPERVISOR
DE INNOVA CHILE DE CORFO**

Freddy Gutiérrez L., Ing. Agrónomo.
Ejecutivo Técnico INNOVA CHILE.

**OTROS PROFESIONALES Y TÉCNICOS
DE INIA QUE PARTICIPARON COMO
INVESTIGADORES O AYUDANTES
DE INVESTIGACIÓN**

INIA - Ururi:

Héctor Subiabre A., Ing. Agrónomo.
Marjorie Allende C., Ing. Ejec. Agrícola.
Sergio Ardiles R., Ing. Ejec. Agrícola.

INIA - La Platina:

Stella Moyano A., Químico Laboratorista, M.Sc.
Lab. de Residuos de Pesticidas.
Hugo Flores P., Estadístico.
Juan Roa S., Ayudante de Investigación.

Universidad de Tarapacá:

Claudia Silva J., Ing. Agrónomo, Dr.

Alumnos Tesistas:

Nicolás Dionizis V., Ing. Agrónomo,
Universidad Mayor.
Geraldine Killing Z., Ing. Agrónomo,
Universidad Mayor.

AGRADECIMIENTOS

Los editores del presente Boletín, desean expresar sus sinceros agradecimientos, en primer término, a INNOVA Chile de CORFO, por creer en esta iniciativa y proveer el financiamiento necesario para el desarrollo de esta investigación.

Por otra parte, este trabajo no hubiera sido posible, sin la decidida colaboración y participación de los agricultores del Valle de Azapa y en particular de los señores Pascual Calle, Desia Roco, Juan Pérez, Santiago Cáceres, Sergio Calle, Javier Obando, Patricio Arias, Ángel Butrón, Raúl Buneder, Víctor Cisternas, Roberto Gómez, Marcos Gregorio, Bruno Aravena, Saturnino Marín, Adrián Véliz, Jaime Marcas, Herminia Aguilar y Santiago Truffa, a quienes agradecemos su participación en el proyecto, porque en sus predios se realizó las evaluaciones que esta investigación requería.

ÍNDICE

Prólogo _____	9
----------------------	---

Introducción _____	11
---------------------------	----

Capítulo 1.

Abelardo Villavicencio P. y Patricia Larraín S.

Concepto de producción limpia en agricultura _____	13
1.1. Conceptos fundamentales _____	13
1.2. Medidas de protección indirectas (prevenición) _____	15
1.3. Componentes de un manejo integrado de plagas y enfermedades _____	16
1.4. Criterios de producción limpia, asociados al manejo de fertilización, según balances nutricionales _____	19
1.5. Bibliografía _____	22

Capítulo 2.

José María Peralta A. y Abelardo Villavicencio P.

Línea base de contaminantes derivados de actividades agrícolas, en aguas y estructuras vegetales en el Valle de Azapa _____	23
2.1. Contenidos de coliformes fecales en aguas superficiales y subterráneas ____	23
2.2. Niveles de nitrato, boro, arsénico, fósforo, pH y conductividad eléctrica en aguas superficiales y subterráneas _____	26
2.3. Conclusiones _____	37

Capítulo 3.

Patricia Larraín S., Valeska Gonzalez F.

y Patricia Estay P.

Protocolos para el manejo de plagas bajo

criterios de producción limpia _____ 39

3.1. Introducción _____ 39

Parte 1. Protocolos para el manejo de plagas
bajo criterios de producción limpia en

pimiento y poroto verde _____ 40

3.1.1. Línea base _____ 40

3.1.2. Auditoría _____ 43

3.1.3. Monitoreo _____ 45

3.1.4. Protocolo de producción limpia _____ 46

3.1.5. Impacto económico _____ 47

3.1.6. Conclusiones _____ 48

Parte 2. Protocolos para el manejo de plagas
bajo criterios de producción limpia en

tomate y maíz _____ 49

3.2.1. Línea Base _____ 49

3.2.2. Auditoría _____ 54

3.2.3. Monitoreo _____ 55

3.2.4. Manejo de plagas bajo criterios
de producción limpia _____ 57

3.2.5. Impacto Económico _____ 64

3.2.6. Conclusiones _____ 66

Capítulo 4.

Paulina Sepúlveda R. y Claudia Rojas B.

Protocolos para el manejo de enfermedades

bajo criterios de producción limpia en

poroto verde, maíz, pimiento y tomate _____ 67

Introducción _____ 69

4.1. Línea Base _____ 70

4.2. Auditoría de la situación sanitaria
por especie _____ 75

4.3. Protocolo de producción limpia _____ 78

4.4. Impacto económico _____ 78

4.5. Conclusiones y recomendaciones _____ 79

Capítulo 5.

*Germán Sepúlveda Ch., Héctor Vargas C.,
Dante Bobadilla G., Evelyn Cajías A.
y Pedro Gallo D.*

Protocolos de manejo de plagas bajo criterios de producción limpia en olivo _____	83
Introducción _____	83
5.1. Auditoria de la situación sanitaria, principales plagas _____	84
5.2. Protocolo de producción limpia para olivo _____	98
5.3. Impacto económico _____	102
5.4. Conclusiones y recomendaciones _____	103
5.5. Bibliografía _____	104

Capítulo 6.

*Francisco Tapia F., Francisco Tapia C.
y Rafael Ruiz Sch.*

Desarrollo de un modelo de gestión en el uso de fertilizantes para la nutrición de los principales cultivos del Valle de Azapa, bajo criterios de producción limpia _____	107
Introducción _____	107
El problema _____	108
6.1. Planteamiento del problema _____	108
6.2. Impacto de los fertilizantes en la producción limpia _____	109
6.3. Fertilización sobre la base de un balance nutricional _____	110
6.4. Desarrollo de un modelo de fertilización sobre la base de un balance nutricional _____	111
6.5. Validación del modelo _____	112
6.6. Externalidades Positivas _____	121
6.7. Conclusiones _____	122
6.8. Bibliografía _____	123

Capítulo 7.

*Abelardo Villavicencio P., Francisco Tapia F.,
Patricia Estay P. y Jorge Jerez B.*

Herramientas informáticas de apoyo a la toma de decisiones para manejo bajo criterios de producción limpia. _____	125
7.1. Modelo de optimización de recursos prediales mediante programación lineal _____	125
7.2. Modelo fertilización _____	129
7.3. Programa de alerta temprana para el control de polilla del tomate _____	131
7.4. Sistema de evaluación del impacto ambiental del manejo de plaguicidas, SEMAP _____	134

Capítulo 8.

Conclusiones generales _____	139
------------------------------	-----

PRÓLOGO

Este documento resume los principales aspectos del trabajo desarrollado en el marco del proyecto “Formulación de protocolos de producción limpia para los principales cultivos del Valle de Azapa”. El objetivo principal de dicho proyecto consistió en la definición y prueba en campo de protocolos de producción limpia para los cultivos de tomate, pimiento, maíz, poroto verde y olivos, especialmente referidos al manejo y control de plagas, enfermedades y fertilización en dichas especies. Ello de modo que permita mejorar la calidad de los productos, disminuir la presión de aplicación de agroquímicos, asegurar inocuidad de los productos y en definitiva realizar un manejo agronómico eficiente, rentable, y amigable con el medio ambiente.

En este sentido, la incorporación de criterios de manejo integrado de plagas y enfermedades, así como estrategias de fertilización en base a balances nutricionales, se han elegido como las vías para lograr los objetivos anteriormente enunciados.

Cabe mencionar que una estrategia de producción limpia, es una forma de gestión ambiental preventiva, aplicable a procesos, productos y organización del trabajo. Su objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, elevando simultáneamente la productividad y competitividad de las empresas.

En este sentido, el conocimiento adquirido en cuanto a protocolos de producción limpia, sistemas de monitoreo, sistemas de alerta temprana de plagas y modelos de fertilización, se espera sea un aporte para los profesionales relacionados con la actividad silvoagropecuaria. También a las instituciones públicas que requieren información básica para la toma de decisiones en el desarrollo de normativas para el sector, y para estudiantes y agricultores, de tal manera que debe servir de apoyo a la incorporación de estas prácticas de manejo, para mejorar la sustentabilidad y competitividad de la agricultura regional.

Los Editores.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Azapa, en la Región de Arica y Parinacota, durante las últimas tres décadas, multiplicó por 20 la productividad de cada una de sus 3.000 ha y se convirtió en el abastecedor invernal de hortalizas del centro de nuestro país, alcanzando a cerca de dos millones de personas las que consumen principalmente tomates, poroto verde, maíz dulce y pimientos, en una época en que prácticamente la única zona productora del país, es el Valle de Azapa. Sin embargo, su condición climática, determina el desarrollo de una agricultura de desierto, que tiene particularidades, donde uno de sus problemas principales es la alta presión de plagas y enfermedades que ha obligado a los productores a hacer uso de plaguicidas cada vez mas potentes y con altas frecuencia en sus aplicaciones.

Por ello, los productores de Azapa, así como las autoridades regionales anhelan darle un distintivo a la producción de este Valle, orientándola hacia el concepto de producción limpia. La incorporación de criterios de producción limpia adaptadas a la agricultura del Valle de Azapa, pasa primeramente por conocer el estado actual de la contaminación de sus recursos naturales. Esto en términos de residuos de plaguicidas, nitratos, fósforo, coliformes y salinidad, así como los residuos de plaguicidas a nivel de los frutos de las especies de mayor importancia económica, como tomate, poroto verde, pimiento, maíz dulce y olivas. En se-

gundo lugar, es preciso contar con una tipificación de los sistemas productivos del Valle; y por último, generar sistemas de manejo de plagas y enfermedades basados en el concepto de “manejo integrado”. Éstos, contenidos en protocolos de manejo limpio, que consideren el ambiente y la inocuidad de los productos generados, serán la base tecnológica para avanzar hacia una agricultura limpia y acorde a la exigencia de los mercados actuales. Esto último, representó el objetivo general de esta propuesta de trabajo.

Los objetivos específicos fueron:

- Establecer la línea base de manejo de cultivos, calidad de aguas, suelos y estructuras vegetales comestibles, respecto de nutrientes (N, P), residuos de plaguicidas, y coliformes fecales, según corresponda.
- Establecer los parámetros técnicos para el control de las principales plagas y enfermedades de las especies hortofrutícolas del Valle de Azapa, basado en un manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y de fertilización de acuerdo a balances nutricionales.
- Desarrollar protocolos y normas de manejo basados en el concepto de producción limpia, para la plaga y/o enfermedad más importante en los cultivos en estudio.
- Difundir, capacitar, y validar con productores del Valle de Azapa los sistemas de producción limpia generados.

En los capítulos siguientes se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos en cada ámbito descrito.

CONCEPTO DE PRODUCCIÓN LIMPIA EN AGRICULTURA

Abelardo Villavicencio P.

Ing. Agr. M.Sc.

Patricia Larraín S.

Ing. Agr. M.Sc.

1.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

El concepto de Producción Limpia (PL) o prevención de la contaminación surgió en la década de los '80 en los países desarrollados, como una respuesta a los crecientes costos de los tratamientos de residuos que tienen las tecnologías de abatimiento o control. De esta forma surge como un nuevo paradigma, constituyéndose hoy en día en un principio fundamental para el desarrollo de actividades como la agricultura en el contexto de sustentabilidad económica y ambiental. La producción limpia es un concepto amplio que comprende términos tales como prevención de la contaminación, minimización de residuos o eco-eficiencia, poniendo énfasis en cómo los bienes y servicios pueden producirse con el menor impacto ambiental teniendo en cuenta las limitantes económicas y tecnológicas.

En principio, la producción limpia podría entenderse como aquella que no genera residuos ni emisiones. Pero en la realidad esto no es así. Primero, porque en el estado actual de desarrollo, son escasas las tecnologías económicamente viables que logren cero emisión. Segundo, porque si bien, toda emisión puede generar una externalidad negativa, o pérdida de bienestar social sin compensación, el nivel óptimo de contaminación no es igual a cero, sino aquel en que los beneficios sociales marginales de minimizar residuos sean equivalentes a los costos sociales marginales de lograr tales reducciones. Sin embargo, a partir de los '90, comienza a desarrollarse el concepto de "cero emisión", basado en el principio de que los desechos resultantes del proceso pro-

ductivo constituyen materias primas para nuevos productos, logrando así la minimización total de residuos o emisión cero. Paralelamente, se extiende el concepto de “eco-producto”, que corresponde a la búsqueda del modelo de interacciones de un producto en todo su recorrido en el medio ambiente: producción y colocación en el mercado, consumo o utilización, eliminación, tratamiento y valorización según desechos resultantes.

De ahí que la Producción Limpia sea una estrategia de gestión ambiental y empresarial preventiva aplicada a procesos, productos y organización del trabajo. Tiene como objetivo la utilización eficiente de las materias primas, la reducción de emisiones y descargas en la fuente misma, la reducción de riesgos para la salud humana y el medio ambiente, elevando simultáneamente la eficiencia y la rentabilidad de las empresas y, por lo tanto, su competitividad. Por ello, producir limpio se traduce en sustentabilidad, eficiencia y competitividad de la empresa (www.pl.cl,2010).

Alcanzar la meta de la Producción Limpia implica poner en práctica ciertas acciones mediante la aplicación de conocimientos, mejoramiento de la tecnología y cambio en las actitudes. Por lo tanto, la producción limpia en los procesos se orienta a la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía; reducción y minimización de la cantidad y toxicidad de emisiones y residuos y eliminación de materias primas tóxicas, el reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta o bien fuera de ella. Mientras que en los productos se orienta a reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida de éstos, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.

La aplicación directa de los criterios de producción limpia puede encontrarse en las estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades, así como también de fertilización en base a balances nutricionales.

El manejo de plagas y enfermedades constituye un factor relevante en el contexto de la producción limpia de hortalizas, porque entre los

objetivos generales de este tipo de actividad se encuentran: asegurar una producción sana de hortalizas de alta calidad con una ocurrencia mínima de residuos de pesticidas; proteger la salud de los trabajadores agrícolas mientras manipulan agroquímicos; promover y mantener una alta diversidad biológica en el ecosistema hortícola y sus alrededores y minimizar la contaminación de agua, suelo y aire.

1.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN INDIRECTAS (PREVENCIÓN)

A diferencia del manejo tradicional, donde se combinan libremente distintos métodos de control, en el sistema de manejo según criterios de producción limpia e integrada, se otorga prioridad a medidas de prevención, denominadas medidas de protección indirectas, que se detallan a continuación:

1.2.1. Uso adecuado de las condiciones naturales

Seleccionar cultivos adaptados a condiciones locales, con expectativas adecuadas de rendimientos y el uso de clones y variedades resistentes a las plagas principales deben ser considerados como criterios orientadores al momento de decidir el tipo de cultivo a trabajar en una zona determinada. Por otra parte, el manejo de malezas con intensidad adecuada de competencia con el cultivo y las áreas de compensación ecológica deben ser también especialmente consideradas.

1.2.2. Prácticas culturales sin impacto negativo en el agroecosistema

El desarrollo de muchas de las plagas que afectan económicamente a las hortalizas se pueden evitar manteniendo al cultivo con una fertilización y riego balanceado, evitando el sobre uso de nutrientes (especialmente N), estableciendo una densidad óptima del cultivo y de la canopia (ventilación), bajando la intensidad de laboreo del suelo (araduras, rastrajes) y promoviendo métodos de producción que protejan la fertilidad del suelo.

1.2.3. Protección y promoción del aumento de antagonistas de las plagas

Para cada plaga de importancia económica se debería evaluar la importancia de especies antagonistas individuales. De éstas, seleccionar por lo menos dos de los principales enemigos naturales en cada cultivo y darle especial importancia a las medidas que promuevan su protección y aumento, como el manejo del hábitat y las liberaciones inundativas.

1.3. COMPONENTES DE UN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Un segundo elemento, es cumplir con los cuatro componentes esenciales para cada programa de manejo integrado de plagas y enfermedades de importancia económica, como:

- Identificación de la plaga o enfermedad.
- Monitoreo y sistemas de pronósticos, epidemiología y modelos predictivos (tiempo de ocurrencia y riesgo).
- Niveles de daño económico (pautas o criterios para la decisión de control).
- Métodos efectivos de control directo.

1.3.1. Identificación de la plaga o enfermedad

Debido a que la mayoría de las herramientas de control de plagas y enfermedades, son efectivas sólo contra algunas especies, es necesario saber con exactitud cuales son los problemas fitosanitarios presentes y cuales son los de probable ocurrencia. Es posible que diferentes métodos de control puedan ser necesarios, incluso para especies plagas cercanamente relacionadas.

1.3.2. Monitoreo y Sistemas de Pronóstico

El sistema de monitoreo y pronóstico junto con el conocimiento de los niveles de daño económico son los que otorgan los criterios necesarios

para la toma de decisiones, respecto de la oportunidad de control. El monitoreo puede incluir recolectar datos meteorológicos, datos de desarrollo del cultivo, y de prácticas de manejo, tanto como, evaluar la incidencia y niveles de las infestaciones de plagas.

El método de muestreo más comúnmente utilizado es la inspección periódica y sistemática del cultivo, evaluando y registrando el número de individuos plagas y/o su daño. El registro escrito de estos muestreos es extremadamente importante para la toma de decisiones de control, ya sea inmediata o futura. Sin estos registros el agricultor no sabrá que problema de plagas tiene y si requiere o no de una acción de control inmediata.

Por otra parte, el registro de las condiciones meteorológicas locales, tales como temperatura y humedad relativa y el uso de modelos predictivos o de alerta temprana, pueden anticipar la generación de condiciones apropiadas para que una determinada plaga o enfermedad se manifieste, y le ofrece al agricultor la posibilidad de prevenir pérdidas ocasionadas por estos problemas.

1.3.3. Niveles de daño económico

Un concepto fundamental en el manejo integrado de plagas y producción limpia, es que se puede tolerar una cierta cantidad de individuos plagas o un cierto daño, pues éste no representa pérdidas económicas para el cultivo. Este concepto nos ofrece las ventajas de economizar en medidas de control y en una mayor protección ambiental. La dificultad radica en determinar estos umbrales de acción. Es decir, el punto o el número de individuos que alcanza la población en el cual deben tomarse algunas acciones para evitar un daño de significancia económica.

Cuando las decisiones de control se toman sin ningún criterio, o bien por calendario, generalmente se comenten dos tipos de error. El primero, es tomar la decisión de controlar cuando la población de la plaga es tan baja que no representa ningún riesgo de producir daño. Esto implica una pérdida económica para el agricultor y por otro lado un impacto ambiental, principalmente si se utiliza un pesticida de amplio espectro.

El segundo error, es cuando no se toma la decisión de control en el momento que la población de la plaga ocasiona pérdidas económicas en el cultivo. Esto ocurre generalmente, porque existe desconocimiento de estos umbrales de acción o bien porque el monitoreo no fue debidamente implementado.

A pesar que para muchas de las plagas que afectan a las hortalizas no existen umbrales numéricos de acción, en los capítulos respectivos se entregan recomendaciones que permiten determinar si las acciones de control pueden ser necesarias, y el mejor tiempo para decidir su control.

1.3.4. Métodos efectivos de control directo

Antes de utilizar pesticidas sintéticos, deben preferirse métodos ecológicamente seguros, tales como control biológico, técnica del macho estéril, feromonas, los cuales actúan exclusivamente sobre la plaga objetivo. En un segundo nivel se considera el uso de pesticidas selectivos como *Bacillus thuringiensis*, reguladores de crecimiento de insectos y otros de moderada selectividad. Finalmente, la aplicación de pesticidas no selectivos, priorizando aquellos de persistencia corta. Insecticidas de alta toxicidad, persistentes, volátiles, de fácil lixiviación u otra característica indeseable no deben utilizarse.

Cuando se requiera el uso de un plaguicida, la elección del producto, formulación, dosis y forma de aplicación serán variables dependiendo de factores, tales como plaga a controlar y el estado de desarrollo del cultivo. Sólo podrá utilizarse insecticidas registrados oficialmente para la plaga y para el cultivo en cuestión. La utilización del equipo de aplicación adecuado y calibrado regularmente es también un requerimiento básico.

Un gran obstáculo para el uso continuo y efectivo de plaguicidas es el desarrollo de resistencia, a través de selección genética. Cuando se realiza aplicaciones adicionales de plaguicidas una mayor proporción de individuos resistentes sobrevive. A través del tiempo y en ausencia de un manejo adecuado de esta resistencia, la mayoría de la población plaga consistirá en individuos resistentes. En este punto, el control se

hace difícil o imposible. Aumentar la frecuencia y dosis de las aplicaciones no mejorará el control.

El cambio a un insecticida nuevo o diferente dentro de la misma clase química o aún con una clase diferente puede no ayudar, porque la plaga resistente a un insecticida puede ser resistente o bien adquirir rápidamente resistencia a otros. Esto se conoce como “resistencia cruzada”.

Para minimizar la aparición de resistencia a plaguicidas, se recomienda realizar aplicaciones sólo cuando sea necesario (seguir los umbrales de acción), usar la mínima dosis recomendada que otorgue control, rotar ingredientes activos que pertenezcan a diferentes clases químicas y con diferentes modos de acción durante la temporada, y utilizar sinérgicos si están disponibles.

De acuerdo a estos principios, los productores de hortalizas lograrán una mayor eficiencia productiva y mantendrán su competitividad, incrementando la prevención y las tácticas de control cultural y biológico, reduciendo al máximo el uso de pesticidas.

1.4. CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA, ASOCIADOS AL MANEJO DE FERTILIZACIÓN, SEGÚN BALANCES NUTRICIONALES

En un manejo moderno de fertilización en base a criterios de producción limpia y de prácticas agrícolas eficientes, el agricultor debe escoger la cantidad y el momento adecuado, de manera que las plantas absorban los nutrientes tanto como sea posible. La cantidad y la regulación de la absorción dependen de varios factores, tales como: variedad del cultivo, época de siembra, rotación de cultivos y condiciones del suelo, entre otras.

Para un aprovechamiento óptimo del cultivo y un potencial mínimo de contaminación del medio ambiente, el agricultor debe suministrar los nutrientes en el momento preciso que el cultivo los necesita. Esto es de gran relevancia para los nutrientes móviles como el nitrógeno, que

puede ser fácilmente lixiviado del perfil del suelo, si no es absorbido por las raíces de las plantas (Melgar R., 2007).

Un aspecto de alta relevancia es determinar las curvas de extracción de nutrientes, lo cual permite determinar el momento óptimo de aplicación de los diferentes nutrientes y como estrategia general, programar las aplicaciones en base a balances nutricionales, manejando información de suelo y planta.

Un balance de nutrientes se define como la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Los balances pueden resultar deficitarios o acumulativos, generándose situaciones de pérdida (egresos > ingresos) o de ganancia (ingresos > egresos). Esta definición permite estimar balances nutricionales de un potrero en una temporada agrícola a partir de los nutrientes que egresan del suelo en las diversas estructuras vegetales de los productos agrícolas generados en el proceso productivo (Ciampitti, I. y García, F., 2008).

Los ingresos de nutrientes al suelo están constituidos por los aportados por fertilizantes, abonos orgánicos (incluyendo residuos de cultivos no generados en el mismo potrero) y, en el caso de nitrógeno (N), por la fijación de N_2 del aire. El aporte de nutrientes de los residuos de cultivos realizados en el mismo sitio, se considera un reciclaje de nutrientes dentro del mismo sistema suelo y por lo tanto, no se incluye entre los ingresos.

En los casos de aplicación de urea y de fosfato diamónico, las pérdidas pueden darse a través de la emisión de amoníaco en el aire. Ambos fertilizantes deben ser incorporados en el suelo inmediatamente después de la aplicación, si no se tiene una lluvia inmediata o riego para incorporarlos en el suelo. Es de importancia particular en los suelos alcalinos (calcáreos).

En el caso del nitrógeno, para minimizar las pérdidas se recomienda estimar las extracciones y el fraccionamiento, adaptándolo a la fenología

del cultivo, utilizar inhibidores de la nitrificación, utilizar fertilizantes de liberación lenta, aplicación vía fertirriego y aplicación foliar. El objetivo es la adaptación de la disponibilidad en el suelo a las necesidades del cultivo, con la finalidad de minimizar los riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas. El consumo de nitratos y nitritos por el hombre y los animales, y el impacto del óxido nitroso perdido por volatilización, en la disminución de la capa de ozono, requieren de un manejo eficiente y responsable por parte de los agricultores (www.infoagro.com/abonos, 2010).

Una estrategia de producción limpia en el ámbito del manejo de la fertilización para lograr un óptimo potencial de producción, un uso eficiente de insumos y a la vez amigables con el medio ambiente, apunta a evitar además, problemas de contaminación de cuerpos de agua, conocido como eutrofización. Ello se produce por el crecimiento incontrolado de poblaciones de algas en cuerpos de agua, fomentados por los contenidos de nitrógeno, fósforo y materia orgánica presentes en el agua. Esta sobrepoblación de algas que acompaña a la primera fase de la eutrofización provoca un enturbiamiento que impide que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema. Como consecuencia, en el fondo se hace imposible la fotosíntesis, productora de oxígeno libre, a la vez que aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno (respiración aeróbica) de los descomponedores, que empiezan a recibir los excedentes de materia orgánica producidos cerca de la superficie. De esta manera, en el fondo se agota pronto el oxígeno por la actividad aerobia y el ambiente se vuelve anóxico. La radical alteración del ambiente que suponen estos cambios, hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema.

La eficiencia de uso de los nutrientes es un factor de importancia a nivel productivo, económico y ambiental. Se debe tener en cuenta que incrementando la eficiencia de uso de los nutrientes y, consecuentemente, la eficiencia global del sistema, se genera una mayor potencialidad en beneficios económicos y sustentables en el largo plazo de producción.

Una estrategia de producción limpia en fertilización de cultivos involucra una correcta nutrición, que consecuentemente conlleva a la aplicación racional de fertilizantes en cuanto a dosis, fuente, momento de aplicación y localización adecuada. Estas decisiones son críticas para alcanzar el óptimo manejo en la eficiencia de uso de los nutrientes en el sistema de producción.

1.5. BIBLIOGRAFÍA

Ciampitti, I. y García, F. 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. Revista Horizonte A. Año IV, N° 18. p. 22-28. Buenos Aires, Argentina.

Melgar, R. 2007. Las Mejores Prácticas de Fertilización. El producto apropiado, en el momento justo, colocado en el lugar correcto y a la dosis exacta. www.econoagro.com

www.infoagro.com/abonos. 2010. Buenas prácticas en el uso de fertilizantes

www.pl.cl. 2010. Consejo nacional de producción limpia.

LÍNEA BASE DE CONTAMINANTES DERIVADOS DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, EN AGUAS Y ESTRUCTURAS VEGETALES EN EL VALLE DE AZAPA

José María Peralta A.

Ing. Agr. Ph.D.

Abelardo Villavicencio P.

Ing. Agr. M.Sc.

La determinación de ciertos parámetros de calidad del agua fue una de las primeras actividades realizadas en el proyecto, como una forma de fijar el marco de referencia del grado de afección ambiental presente en el área de estudio. Para ello, se consideró el Valle en sus sectores bajo (km 1), medio (km 20) y alto (km 45), realizando dos campañas de muestreo sobre 28 puntos, donde se procedió a tomar muestras de aguas superficiales y subterráneas de pozos menores y mayores de 25 m de profundidad. Las muestras fueron manejadas según un protocolo de muestreo, conservadas en frío y enviadas a laboratorio para su respectivo análisis.

El muestreo tuvo como objetivos determinar el estado del arte de la contaminación hídrica con materias fecales, niveles de pH, conductividad eléctrica, contenidos de boro y arsénico disueltos en aguas superficiales y subterráneas y adicionalmente determinar residuos de plaguicidas en aguas y en estructuras vegetales comestibles. A continuación se presenta los resultados obtenidos.

2.1. CONTENIDO DE COLIFORMES FECALES EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

A pesar que existen varios indicadores para estimar la contaminación fecal del agua, entre ellos algunos de naturaleza química y otras biológi-

cas, el indicador usado correspondió a uno biológico, específicamente el contenido de coliformes fecales. Estos corresponden a un subgrupo de los coliformes totales, que son capaces de fermentar la lactosa a aproximadamente 44,5°C. Una gran mayoría de ellos corresponde a *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. El uso de este tipo de organismo como indicador se debe a que se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, por lo tanto refleja mejor la presencia de contaminación fecal. Las unidades de medida son NMP/100 ml (o el número más probable por cada 100 ml) y UFC/100 ml (o unidades formadoras de colonia por cada 100 ml).

El 39,2% de los sitios (11 puntos), correspondieron a muestreos en el canal superficial que recorre el Valle en dirección este-oeste, mientras que el 42,9% (12 puntos) correspondió a pozos de más de 25 m de profundidad. El restante 18,9% (5 puntos) correspondió a pozos de menos de 25 m de profundidad.

La Norma Chilena (NCh) 1333 de agua para riego establece como límite máximo para este parámetro, el valor de 1.000 NMP/100 ml, para que el agua sea considerada de calidad para riego.

Los resultados del análisis microbiológico del agua superficial indican que de once muestras, diez de ellas (90,1%) mostraron valores de coliformes fecales superiores a 0, lo cual se considera contaminación, desde el punto de vista microbiológico para agua potable. El rango osciló entre 0 y 14.000 NMP/100 ml, mientras que el promedio varió entre los 2.482 y 1.314 NMP/100 ml, para el primer y segundo muestreo, respectivamente.

Desde el punto de vista de calidad del agua para riego, en el primer muestreo, cinco de las once muestras superaron la norma establecida (45,5%), mientras que en el segundo, la norma fue excedida en una sola muestra (9%). Se aprecia una tendencia hacia el aumento de la concentración de coliformes en la medida que se avanza desde el km 45 al km 1, con valores mayores hacia el final del Valle (cercano a la ciudad de Arica), lo cual evidencia un incremento de la contaminación a medida que el agua desciende por el Valle.

Los resultados encontrados en agua subterránea, son mejores que aquellos de aguas superficiales. En pozos de menos de 25 m de profundidad,

se observó que entre el 60 y el 40% de ellos se encuentra contaminado desde el punto de vista de la norma de agua potable, mientras que ninguno sobre la norma de calidad de agua para riego. El rango de datos muestra que los coliformes fecales fluctúan entre 70 y 0 NMP/100 ml. El promedio fluctuó entre 14, 8 y 13,4 NMP/100 ml, para ambos muestreos.

Respecto de pozos de más de 25 m de profundidad, muestran un grado de contaminación importante. Se observa que alrededor del 40% de ellos se encuentra contaminado desde el punto de vista de la norma de agua potable, mientras que sólo uno, en el primer muestreo, se ubica sobre la norma de calidad de agua para riego. El rango de datos mostró que los coliformes fecales fluctuaron entre los 2.300 y los 0 NMP/100 ml, reflejando valores en algunos casos mayores que los observados en pozos de menor profundidad. Dado que normalmente un pozo subterráneo puede ser utilizado como fuente de agua de bebida, la contaminación observada es importante desde este punto de vista (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Contenido de coliformes fecales en agua de riego, según procedencia (campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	300	50	27	50	<0,2	27	2.300	170
40	800	50	26	4	70	24	<0,2	<0,2
35	1.100	30	25	13	<0,2	21	500	22
33	500	80	19	<0,2	<0,2	20	<0,2	<0,2
30	800	130	14	<0,2	4	19	50	2
21	2.300	800	-	-	-	19	<0,2	<0,2
13,5	300	230	-	-	-	18	4	<0,2
12	5.000	<0,2	-	-	-	13	50	4
6	2.200	13.000	-	-	-	12	<0,2	<0,2
5,5	<0,2	<0,2	-	-	-	4,5	<0,2	<0,2
1	14.000	80	-	-	-	4,5	<0,2	<0,2
-	-	-	-	-	-	3	<0,2	<0,2

En general, es posible afirmar que el problema de contaminación por coliformes en agua de riego, es más importante en aguas superficiales que

subterráneas, lo que se explica por la adición de material fecal a medida que el cauce avanza desde el km 45 al km 1, y que justificaría adoptar medidas de protección como entubamiento del canal.

2.2. NIVELES DE NITRATO, BORO, ARSÉNICO, FÓSFORO, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

En dos campañas de muestreo de aguas realizadas en enero y marzo de 2008, se determinó el contenido de estos parámetros para el Valle de Azapa. A continuación se comenta los resultados.

2.2.1. Contenido de Nitratos

Los nitratos (NO_3^-) constituyen actualmente la mayor fuente de “contaminación difusa” de las aguas subterráneas y superficiales y en general su contenido en el agua se asocia al aporte de nutrientes por la agricultura. La mayor problemática relacionada con los nitratos en agua, es su ingesta como agua de bebida. El valor crítico de la norma de agua de bebida es de 45 mg/l (Ministerio de Salud, 2001).

La concentración de nitratos en aguas superficiales fue baja, a excepción de una muestra, y que equivale al 9% del total, donde el valor excede la norma de calidad para agua potable y de riego. El promedio de los valores, sin considerar este punto de muestreo, es de alrededor de 1,45 mg/l, lo cual es considerado bajo. No se observa una tendencia a la acumulación de los nitratos hacia la sección más baja del Valle, y que fundamentalmente puede deberse a que el canal abastece a los predios en forma de turnos, sin derrames.

Los resultados obtenidos para aguas subterráneas, para pozos mayores y menores de 25 m de profundidad, difieren sustancialmente de los valores encontrados en aguas superficiales. En efecto, en pozos de menos de 25 m, se determinaron concentraciones promedio que fluctuaron entre los 90,44 y 48,64 mg/l, con un máximo de 183 y un mínimo de 14,3 mg/l. Cabe destacar que en el muestreo de enero, el promedio fue un 86% superior al realizado en abril. El muestreo de enero

tuvo un 80% de las muestras por sobre la norma de 45 mg/l, contra un 20% encontrado en el muestreo de abril. Esto hace presumir un efecto estacional, presumiblemente debido al manejo de los cultivos, en el aumento de las concentraciones de nitrato en las aguas subterráneas de menor profundidad.

En pozos de más de 25 m, las concentraciones promedio fluctuaron entre 45,49 y 43,48 mg/l, con un máximo de 100 y un mínimo de 1,81 mg/l, en los muestreos realizados. Cabe destacar que el muestreo de enero, fue en promedio muy similar al de abril, y que puede indicar que el nivel de nitratos en las aguas más profundas es más estable en el tiempo, y menos dependiente de la estación del año. El muestreo de enero tuvo un 25% de las muestras por sobre la norma de 45 mg/l, similarmente a los encontrado en el de abril.

En general, se advierte que éste, es un problema de las aguas subterráneas y no superficiales, por lo cual las medidas de prevención a adoptar se relacionan con las cargas de fertilizantes a ocupar y con el manejo del riego (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Contenido de nitratos (NO_3^-) en agua de riego, según procedencia (campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	1,73	0,63	27	97,2	29	27	42,3	36,6
40	1,60	0,64	26	95,2	14,3	24	37,7	33,1
35	1,72	0,57	25	183	130	21	4,22	1,81
33	1,82	0,63	19	50,8	39,7	20	97,3	82
30	1,87	0,63	14	26	30,2	19	58	49,2
21	1,41	0,51	-	-	-	19	33,6	39,5
13,5	1,20	0,50	-	-	-	18	48,9	55,8
12	0,93	37,8	-	-	-	13	29,8	30,5
6	1,04	0,53	-	-	-	12	34,1	33
5,5	275	316	-	-	-	4,5	96,7	100
1	0,96	<0.5	-	-	-	4,5	34	33,4
-	-	-	-	-	-	3	29,2	26,9

2.2.2. Contenido de Boro

El boro corresponde a un micronutriente de gran importancia en la agricultura, acompañando a otros elementos como hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cloro en la nutrición de las plantas. Está demostrado también que su importancia es mayor en las estructuras reproductivas de las plantas que en aquellas vegetativas. Sin embargo, a pesar de que es un micronutriente esencial, el exceso es tóxico, y las plantas pueden clasificarse de acuerdo a su grado de tolerancia a este elemento, (**Cuadro 3**). Cabe destacar que generalmente el boro es transportado por el agua de riego a las áreas de cultivo, no siendo un problema de altas concentraciones en el suelo.

Cuadro 3. Tolerancia a boro en diferentes cultivos.

Muy sensible (<0,5 mg/l)	Sensible (0,5-0,75 mg/l)	Sensible (0,75-1,0 mg/l)	Moderad. sensible (1,0-2,0 mg/l)	Moderad. tolerante (2,0-4,0 mg/l)	Tolerante (4,0-6,0 mg/l)	Muy tolerante (6,0-15,0 mg/l)
Limón	Pomelo	Olivo	Pimiento	Lechuga	Tomate	Algodón
Mora	Naranja	Ajo	Zanahoria	Maíz	Alfalfa	Espárrago
	Nogal	Trigo	Papa	Zapallo	Remolacha	
	Cebolla	Cebada	Arveja	Alcachofa	Perejil	
	Ajo	Frutilla	Rábano			
		Poroto				

Fuente: Water quality for agriculture, FAO 29, 1985/ British Columbia Water Quality Guidelines.

A su vez, el uso de aguas de riego con concentraciones de boro superiores a la tabla anterior, van a manifestar problemas de rendimiento y calidad en los cultivos en que son usados. Algunos de estos efectos se observan en el **Cuadro 4**.

En el mundo, existe una amplia variedad de guías o normas de calidad de agua de riego para su contenido de boro, los cuales dependen fundamentalmente del tipo de cultivo a regar, del suelo y del país que se trate. En Chile, la NCh 1333, indica que el contenido máximo de este elemento en aguas de riego no debería exceder los 0,75 mg/l.

Mayor información respecto a las normas internacionales para el contenido de este elemento en el agua de riego puede encontrarse en la monografía ubicada en la siguiente dirección:

Cuadro 4. Efecto del boro en cultivos, según contenido en agua de riego.

Rango de concentración (mg/l)	Efectos en Cultivos
< 0,5	Debería prevenir la acumulación de boro a niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz), salvo en las plantas más sensibles.
0,5 – 1,0	Cultivos muy sensibles al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
1,0 – 2,0	Cultivos sensibles al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
2,0 – 4,0	Cultivos moderadamente sensibles al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
4,0 – 6,0	Cultivos moderadamente tolerantes al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
6,0 – 15,0	Cultivos tolerantes al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.
> 15,0	Cultivos muy tolerantes al boro acumulan niveles tóxicos (a través del consumo por la raíz). Ellos empiezan a mostrar síntomas de daños en las hojas y/o disminución de rendimiento.

Fuente: South African Water Quality Guidelines, 1996.

http://www2.sag.gob.cl/biblioteca_digital/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/boro.pdf

Los resultados obtenidos en aguas superficiales indican que todas las muestras, en ambas campañas, arrojaron contenidos de boro superiores a la NCh 1333, con un promedio de 1,86 y 1,43 mg/l para la 1ª y 2ª campaña de muestreo, respectivamente. El rango de datos osciló entre

1,09 y 4,33 mg/l. Estos valores, para cultivos sensibles a boro, representan una acumulación tóxica, aunque es adecuada para su uso en aquellos moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes.

En aguas subterráneas, la tendencia es similar. Es decir, todas las muestras tanto de pozos mayores y menores de 25 m de profundidad, mostraron niveles de boro que excedían la NCh 1333 de calidad de agua para riego. En pozos menores de 25 m, la concentración promedio de boro para cada una de las campañas fue de 1,33 y 1,19 mg/l, respectivamente, mientras que el rango fluctuó entre los 1,46 y 1,12 mg/l. Esta agua, de la misma forma que las aguas superficiales, son aptas para cultivos moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes, y su uso en cultivos sensibles puede producir acumulaciones tóxicas en su biomasa, con disminución del rendimiento y calidad.

En pozos de más de 25 m de profundidad, la situación es similar, con valores ligeramente más altos, donde el promedio osciló entre 1,5 y 1,35 mg/l. El rango fluctuó entre 2,06 y 1,12 mg/l. En forma similar, estas aguas pueden ser usadas en cultivos desde moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes, con un claro efecto tóxico en cultivos sensibles (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Contenido de boro (mg/l) en agua de riego según procedencia. (Campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	1,65	1,11	27	1,46	1,20	27	1,39	1,21
40	1,46	1,15	26	1,33	1,20	24	1,36	1,25
35	1,90	1,18	25	1,27	1,12	21	1,48	1,38
33	1,54	1,21	19	1,31	1,19	20	1,31	1,21
30	1,61	1,16	14	1,3	1,22	19	1,26	1,12
21	1,56	1,23	-	-	-	19	1,3	1,18
13,5	1,55	1,18	-	-	-	18	1,31	1,20
12	1,58	1,32	-	-	-	13	1,45	1,36
6	1,61	1,09	-	-	-	12	1,53	1,41
5,5	4,33	3,84	-	-	-	4,5	2,06	1,89
1	1,64	1,25	-	-	-	4,5	1,89	1,57
-	-	-	-	-	-	3	1,64	1,39

2.2.3. Contenido de Arsénico

El arsénico en el agua se encuentra generalmente en estado de oxidación, ya sea como Arsenato (+5) o Arsenito (+3). El primero, dada la abundancia de oxígeno, se encuentra en aguas superficiales (H_3AsO_4), mientras que el segundo es encontrado en condiciones más proclives a la reducción, como aguas subterráneas. La principal vía de dispersión del arsénico es el agua, y dada la alta solubilidad de los arsenatos y arsenitos, es relativamente fácil de encontrar en medios acuáticos, y su concentración en el agua va a depender de la geología y de los suelos locales.

En Chile, la NCh 1333 de calidad de agua para riego establece como límite máximo el valor de 0,1 mg/l, mientras que la norma 409/1 para agua potable, establece un máximo de 0,05 mg/l de este elemento en el agua.

Los resultados obtenidos para aguas superficiales, indican que del total de muestras de la primera campaña, el 90,1 % se encontró fuera de la norma de calidad de agua para riego, con un promedio de 0,113 mg/l. En la segunda campaña, el resultado fue algo mejor, con un promedio de 0,07 mg/l, donde todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros de calidad para este elemento, según indica la NCh 1333.

De las muestras obtenidas en pozos menores de 25 m, se observó que todas las concentraciones determinadas están bajo la norma de calidad de agua para riego y potable. El promedio de ambos muestreos fue de 0,016 mg/l y el rango fluctuó entre 0,019 y 0,011 mg/l.

En pozos de mayor profundidad, se observó una tendencia similar. Todos los valores obtenidos se ubicaron bajo las normas chilenas de calidad de agua para riego y para agua potable, en relación a este parámetro. El promedio, para ambos muestreos, fue de 0,012 mg/l, inferior en un 25% al obtenido en los muestreos desde pozos más superficiales. Por lo tanto, la calidad de agua en relación a este parámetro es mejor, especialmente desde el punto de vista del uso de esa agua como recurso de bebida (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Contenido de Arsénico (mg/l) en agua de riego según procedencia. Campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	0,131	0,063	27	0,018	0,019	27	0,015	0,017
40	0,11	0,061	26	0,019	0,017	24	0,016	0,01
35	0,11	0,065	25	0,012	0,013	21	0,01	0,01
33	0,119	0,061	19	0,019	0,015	20	0,014	0,014
30	0,114	0,093	14	0,011	0,016	19	0,015	0,014
21	0,118	0,089	-	-	-	19	0,009	0,017
13,5	0,119	0,087	-	-	-	18	0,014	0,013
12	0,104	0,011	-	-	-	13	0,015	0,014
6	0,101	0,092	-	-	-	12	0,01	0,007
5,5	<0,005	<0,002	-	-	-	4,5	0,005	0,008
1	0,107	0,083	-	-	-	4,5	0,009	0,007
-	-	-	-	-	-	3	0,009	0,006

Valores destacados en negritas, indican superación de la NCh 1333.

2.2.4. Contenido de Fósforo

Los análisis muestran que las concentraciones de fósforo disuelto en aguas subterráneas y superficiales del Valle de Azapa, determinados durante el primer semestre de 2008, no alcanzaron valores significativos desde el punto de vista ambiental, siendo todos ellos, inferiores a 0,25 mg/l valor considerado como bajo.

2.2.5. pH

En aguas superficiales, el rango de pH fluctuó entre 9,3 y 6,92, y el promedio de los valores, para ambos muestreos alcanzó a 8,4. Estas son aguas que están dentro de las normas de calidad primaria de agua indicadas por la NCh 1333.

En pozos menores de 25 m, se observó una disminución importante de los valores de pH, en al menos una unidad, comparado con los valores encontrados en aguas superficiales. El promedio de pH se ubicó entre 7,3 y 7,6 para la primera y segunda campaña, respectivamente.

En pozos mayores de 25 m, existe una reducción aún mayor, comparativamente a los valores registrados en aguas superficiales. En estos pozos, el pH fluctuó entre 7,1 y 7,5 unidades para el primer y segundo muestreo, respectivamente (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Valores de pH en agua de riego según procedencia. (Campañas de enero y abril de 2008).

Agua superficial			Pozos < 25 m			Pozos > 25 m		
km	1º	2º	km	1º	2º	km	1º	2º
Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo	Valle	muestreo	muestreo
42	8,62	8,4	27	7,29	7,8	27	7,4	7,7
40	8,44	8,4	26	7,3	7,7	24	7,2	7,7
35	8,44	8,4	25	7,5	7,5	21	7,4	7,8
33	8,57	8,4	19	7,2	7,5	20	7,1	7,5
30	8,71	8,6	14	7,2	7,5	19	7,3	7,6
21	8,56	8,8	-	-	-	19	7,2	7,5
13,5	8,49	8,9	-	-	-	18	7,3	7,5
12	8,5	7,3	-	-	-	13	7,0	7,3
6	8,54	8,5	-	-	-	12	7,2	7,5
5,5	6,92	7,0	-	-	-	4,5	6,9	7,2
1	8,6	9,3	-	-	-	4,5	6,9	7,2
-	-	-	-	-	-	3	7,0	7,8

2.2.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la cantidad de sales disueltas que existen en ella. A mayor conductividad eléctrica, mayor es el contenido de sales disueltas. Valores altos de conductividad eléctrica en el agua de riego están generalmente asociados a problemas de salinidad, y por lo tanto a reducciones de rendimiento de los cultivos. En este sentido, la NCh establece un nivel inferior o igual a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como límite para uso en riego.

En agua superficial, se aprecia que los valores obtenidos en el segundo muestreo, excedieron en un 81,8% la NCh 1333 (indicados en negritas). Existe un punto de muestreo, donde se aprecia que existe un problema de contaminación puntual que debe ser investigado más específicamente. El rango de datos fluctúa entre 17.560 y 651 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

aunque los valores, excluyendo el punto del km 5,5 del Valle de Azapa, fluctuaron en promedio entre 673 y 884 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En aguas subterráneas, en pozos de menos de 25 m de profundidad, se observó un cambio radical en la calidad del agua, con un promedio de alrededor de 1.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ambos muestreos. Estos valores duplican aquellos encontrados en aguas superficiales, con lo cual se deduce que desde el punto de vista de la salinidad, las aguas subterráneas del Valle son de inferior calidad. Todos los valores determinados exceden la NCh 1333 y esta tendencia se acrecienta al analizar las aguas de pozos mayores a 25 m.

En este caso, la calidad de agua empeora, con un promedio de alrededor de 2.015 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ambas campañas de muestreo. El 100% de los valores excede la NCh 1333, de calidad primaria de agua de riego, por lo cual esta agua debería usarse con severas restricciones en los cultivos. Se observa un ligero incremento, aunque no necesariamente relacionados, con los valores encontrados en la parte más alta del Valle hacia los valores que se registran en los sectores medio y bajo (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en agua de riego, según procedencia. (Campaña enero y abril de 2008).

km Valle	1º muestreo	2º muestreo	km Valle	1º muestreo	2º muestreo	km Valle	1º muestreo	2º muestreo
42	710	806	27	1.470	1.462	27	1.524	1.504
40	651	814	26	1.171	1.161	24	1.433	1.470
35	659	833	25	3.370	3.010	21	1.123	1.042
33	656	822	19	1.686	1.708	20	1.787	1.831
30	650	763	14	1.476	1.533	19	1.632	1.667
25	655	830	-	-	-	19	1.670	1.690
13,5	728	718	-	-	-	18	1.800	1.788
12	672	1.774	-	-	-	13	1.790	1.796
6	672	756	-	-	-	12	1.946	1.927
5,5	17.560	16.920	-	-	-	4,5	4.900	5.040
1	679	726	-	-	-	4,5	2.160	2.050
-	-	-	-	-	-	3	1.903	1.890

Valores destacadas en negritas, indican superación de la NCh 1333.

2.2.7. Determinación de residuos de plaguicidas en aguas y estructuras comestibles de los cultivos en estudio

En esta actividad se determinó el estado del arte del manejo de plaguicidas, desde la perspectiva de su residualidad en vegetales y aguas. De acuerdo a la metodología descrita en el proyecto, se dividió el Valle en tres secciones y se realizaron dos campañas de muestreos, enero y marzo de 2008. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Residuos de Plaguicidas de INIA-La Platina.

2.2.7.1. Determinación de residuos de plaguicidas en aguas superficiales

Se analizó un total de 59 muestras de agua. Los pesticidas estudiados fueron: Metomilo, Clorpirifos, Metidation, Dimetoato, Carbofuran, Diazinon y Cipermetrina. Se encontraron residuos de plaguicidas en 5 casos, Metomilo (dos casos con 1,6 y 0,7 $\mu\text{g/l}$), Clorpirifos (dos casos con 0,05 y 0,04 $\mu\text{g/l}$) y Diazinon (un caso con 0,31 $\mu\text{g/l}$). En el resto de las muestras no se encontró evidencia detectable que indicara la presencia de residuos de plaguicidas.

2.2.7.2. Determinación de residuos de plaguicidas en estructuras vegetales

Se tomó seis muestras de cada especie (tomate, pimiento, poroto verde, maíz y olivas), dos por cada tercio de Valle, y se realizaron determinaciones para siete ingredientes activos. Se compararon los resultados obtenidos con el Límite Máximo de Residuos (LMR) de la Unión Europea.

- **Residuos de plaguicidas en tomate**

De los siete ingredientes activos buscados, sólo tres de ellos se encontraron presentes en las muestras de tomate (Metamidofos, Clorpirifos y Metomilo + Tiodicarb). Sólo Metamidofos, en una muestra marcó valores superiores al LMR (UE). La muestra indicada superó en 26 veces el LMR, lo cual extrapolando a niveles de un consumo habitual por día, para adultos o niños, podría conllevar a eventuales daños crónicos para la salud.

El segundo plaguicida en importancia es Clorpirifos, que fue encontrado en una muestra, aunque con valores inferiores al LMR establecido. Finalmente, el Metomilo + Tiodicarb es reportado en dos muestras de las siete analizadas, con valores inferiores a 0,05 mg/kg. Es decir, cuatro veces bajo la norma.

- **Residuos de plaguicidas en poroto verde**

En poroto verde, fue posible determinar cinco de los siete ingredientes activos buscados, en diferentes concentraciones. Estos plaguicidas son Metamidofos, Dimetoato + Ometoato, Captan, Mancozeb y Clorpirifos. De éstos, Metamidofos, en un 50% de las muestras registró valores superiores al LMR indicado. El Dimetoato + Ometoato aparece sobre la norma en una de las muestras (14%). La excedencia de la norma en el caso de Metamidofos fluctúa entre 5,9 y 1,4 veces.

En el caso de Dimetoato, plaguicida organofosforado de menor toxicidad que el anterior, la norma es excedida en una de las muestras, en alrededor de 48,5 veces. Por otra parte, Captan y Mancozeb, fueron determinados en sólo una muestra. Sin embargo, lo fue en niveles inferiores a lo indicado por la norma respectiva.

- **Residuos de plaguicidas en pimiento**

En esta especie, se determinó cuatro ingredientes activos, en diferentes concentraciones. Estos plaguicidas fueron Metamidofos, Metomilo, Metalaxyl y Clorpirifos. De éstos, el Metamidofos, en un 57% de las muestras registró valores superiores al LMR indicado. La excedencia de la norma en el caso de Metamidofos fluctúa entre 104 y 12 veces. Este plaguicida, de alta toxicidad, es recurrentemente encontrado en los productos agrícolas muestreados, en diferentes concentraciones, siendo importante destacar que el LMR para cada uno de ellos es diferente, con lo cual el riesgo de consumir uno u otro es diferente, desde el punto de vista del daño agudo o crónico para la salud humana. Metomilo y Clorpirifos aparecen en una muestra cada uno, aunque en niveles inferiores a la norma respectiva.

- **Residuos de plaguicidas en maíz dulce y olivas**

En maíz, se observó menores detecciones que en los cultivos analizados precedentemente, aunque una de las muestras registra Metamidofos

en niveles similares a la norma. Por otra parte, en olivas no se encontró ninguno de los plaguicidas buscados.

- **Contenidos de residuos de plaguicidas después de cocción**

Como una forma de estimar el efecto de la cocción en el contenido de residuos de algunos plaguicidas determinados, se analizó el plaguicida más representativo en relación a su residualidad en los dos cultivos donde fue detectada su presencia en mayores niveles y se procedió a someterlos a cocción, analizando posteriormente, el material vegetal crudo, el cocido y el agua de la cocción. El procedimiento fue cocinar, por 15 minutos, una muestra de material vegetal en agua destilada.

Para pimiento, se sometió dos muestras a este procedimiento, determinándose que el contenido residual del ingrediente activo de la muestra, se repartió en el agua de cocción y en el material vegetal cocido. Con ello el contenido en el producto alimenticio disminuye, en aproximadamente 40 a 60%.

En el caso de poroto verde, que presentó valores iniciales más altos, los resultados muestran algo diferente. La reducción del contenido inicial de residuo de Metamidofos es de alrededor del 75% en el producto cocido. La diferencia no se encuentra en el agua de cocción, con lo cual se asume que el residuo pudo haberse transformado en el proceso, no siendo detectado en el producto final.

2.3. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos refuerzan la necesidad de incorporar criterios de producción limpia en el manejo agronómico de los principales cultivos hortícolas del Valle de Azapa. Se evidencia problemas de contaminación de aguas y estructuras vegetales comestibles, que pueden ser subsanados mediante programas o protocolos de producción limpia donde se ordene la estrategia de intervención. Esto en áreas como manejo de la fertilización y aplicación de productos fitosanitarios, en aspectos relacionados con los días de carencia de los productos, decisiones de aplicación basada en monitoreo de plagas y enfermedades, y capacitación y educación de los aplicadores en cuanto a normas de seguridad para la manipulación de plaguicidas.

BIBLIOGRAFÍA

MINSAL, 2001. Decreto N° 106 de 1997 y actualizado al 20-09-2001. www.redsalud.gov.cl/archivos/alimentosynutricion/.../aguasminerales1.pdf.

PROTOCOLOS DE MANEJO DE PLAGAS BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA

3.1. INTRODUCCIÓN

Durante el proyecto se caracterizó la situación de plagas y su manejo por parte de los agricultores y se elaboró un sistema de monitoreo apropiado y un programa de control eficiente. En definitiva, se entrega una propuesta de cómo hacer un proceso productivo más eficiente y menos agresivo con el medio ambiente. Al respecto, toda la información generada en este ámbito se ha resumido en estos protocolos de producción limpia que se entregan en este capítulo. La información se presenta por especie y contiene un comentario sobre la línea base determinada, sistema de monitoreo y protocolo propuesto.

PARTE 1

PROTOCOLOS DE MANEJO DE PLAGAS BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA EN PIMIENTO Y POROTO VERDE

Patricia Larraín S.

Ing. Agrónomo M.Sc.

Valeska Gonzalez F.

Ing. Agrónomo

3.1.1. Línea base

Para caracterizar el manejo de plagas que realizan los agricultores del Valle de Azapa en los cultivos de pimiento y poroto verde, se aplicó una encuesta en la temporada 2008 a 18 productores de poroto verde y 25 de pimiento, que corresponde aproximadamente al 10% de los productores de ambos rubros, cuyos resultados se presentan a continuación.

Poroto Verde

El 83,3% de este cultivo se realiza en los sectores alto y medio del Valle, donde existe una menor incidencia de mosquitas blancas, las que son más relevantes en sectores bajos, con mayor humedad relativa. Por otra parte, estos sectores favorecen el desarrollo de plagas como polilla del frejol, cuncunillas, trips y arañitas, con climas más cálidos y secos.

Un factor altamente favorable para el manejo de plagas detectado en el diagnóstico, fue que el 72 % de las siembras de poroto verde se concentran en los meses de otoño e invierno, para cosechar en su mayor proporción durante invierno y donde la totalidad de los productores encuestados utiliza sólo la variedad Magnum. Las bajas temperaturas no favorecen el desarrollo de insectos y arañitas. Por ello, el cultivo no se enfrenta a altas presiones de plagas.

Para el 72 % de los productores de poroto verde, las plagas principales están representadas por gusanos cortadores y cuncunillas, seguidas por mosca minadora (17%) y araña roja en un 11%. Otras plagas, pero consideradas secundarias por ellos, son *Spodoptera* y mosquita blanca. No fueron mencionadas en la encuesta la polilla del brote (*Epinotia aporema*) y el trips californiano (*Frankliniella occidentalis*). Ambas plagas pueden causar impacto económico en frejol, en especial la polilla, considerada clave por atacar brotes, flores y vainas, afectando rendimiento y calidad.

De los insecticidas utilizados para el control de estas plagas, el 37% de las aplicaciones corresponde a Success (Spinosad), un 20% a Clorpirifos más Cipermetrina, un 19% a MTD o Tamaron (Metamidofos), un 17% a Lannate (Metomilo) y un 6% a Sunfire (Clorfenapir). Spinosad es un producto selectivo y pertenece al grupo toxicológico IV. Es decir, que normalmente no reviste peligro. Sin embargo, las dosis utilizadas por algunos agricultores son más del doble de las recomendadas legalmente para otras plagas y en otros cultivos.

El insecticida organofosforado, Metamidofos, está en el Grupo Ia, sumamente peligroso y Clorpirifos + Cipermetrina es lo menos selectivo. El carbamato Metomilo pertenece a la categoría Ib, muy peligroso. Todos estos productos tienen registro para varias de las plagas señaladas para poroto verde, pues son de amplio espectro. Sin embargo, son productos que por su alta toxicidad y nula selectividad no son recomendables en un sistema de producción limpia de hortalizas.

Por otra parte, sorprende el número de aplicaciones reportadas por los 18 productores entrevistados, que sumaron un total de 77 aplicaciones sólo de Success, seguida por 42 de Clorpirifos + Cipermetrina, y luego por 40 de Metamidofos, 36 de Lannate, y otros.

En cuanto a monitoreo de plagas, el 90% no realiza, y aplica de acuerdo a la presión de plagas, con criterio subjetivo, no cuantificado. Respecto del manejo de plaguicidas, el 72% de los productores no realiza el triple lavado de los envases vacíos, el 11% acumula los envases y un 89% los quema o entierra; mientras que un 17% calibra sus equipos de aplicación, pero no indica el método de calibración que utiliza.

Pimiento

Este cultivo se realiza principalmente en los sectores medio y alto del Valle, con un 22% en el sector bajo. Las variedades más cultivadas son Indra (80%), Zafiro (12%), Volga y F2 (4% cada una). El número de variedades utilizadas es escaso, y que no es positivo, si se piensa en un sistema de producción limpia donde la diversidad y en especial el uso de variedades resistentes a las plagas y enfermedades más relevantes, es altamente recomendable. El período de cosecha se concentra en invierno, donde muchas de las plagas presentan limitaciones térmicas para un buen desarrollo de sus poblaciones, situación muy favorable para una producción integrada.

Respecto a las plagas más importantes, el 44% de los agricultores indica que es mosquita blanca, un 22% mosca minadora, un 17% gusanos cortadores y cuncunillas, 13% polilla del tomate y un 4% pulgón verde. Aunque el 80% de los agricultores declara que monitorea las plagas durante el desarrollo del cultivo, ninguno de ellos lleva registros y no existe conocimiento de un sistema de monitoreo sistemático, con un número mínimo de plantas revisadas semanalmente.

En cuanto a los insecticidas utilizados para el control de plagas, el 38% de las aplicaciones corresponde a Confidor (Imidacloprid), 25% a Success (Spinosad), 15% Evisect (Thiocyclam hidrógeno oxalato), 7% de Lorsban (Clorpirifos), 7% de MTD (Metamidofos), 4% de Lannate, (Metomilo), y Sunfire (Clorfenapir).

Confidor es un neonicotinoide de acción sistémica, persistente y con buena acción sobre mosquitas blancas. Spinosad es un producto selectivo y pertenece al grupo toxicológico IV. Es decir, que normalmente no reviste peligro. Sin embargo, este producto no está registrado por el SAG para pimiento, pero tiene buen efecto sobre lepidópteros, en especial polilla del tomate. El insecticida organofosforado, Metamidofos, está en el Grupo Ia, sumamente peligroso y es de los menos selectivos. Lorsban (Clorpirifos) es también un organofosforado de amplio espectro, aunque de menor toxicidad que Metamidofos. El carbamato Metomilo, pertenece a la categoría Ib, muy peligroso.

Todos estos productos tienen registro para varias de las plagas señaladas para pimiento, al ser de amplio espectro. Sin embargo, son productos que por su alta toxicidad y nula selectividad no son recomendables en los sistemas de producción limpia de hortalizas.

Respecto al número de aplicaciones realizadas en la temporada por los 25 productores encuestados, refleja también un sobre uso de insecticidas, con más de 60 aplicaciones de Confidor, 40 de Success y 27 de Evisect .

En relación al cumplimiento de las normativas de uso y manejo de insecticidas, el 76% no ha recibido capacitación en el tema durante los últimos tres años y el 88% cuenta con un lugar apropiado para almacenar insecticidas. El 44% no realiza triple lavado y sólo un 12% acumula los envases, mientras que un 88% los quema o entierra, el 64% indica que no lleva registro de las aplicaciones de pesticidas. Un 44% calibra su equipo de aplicación, pero no indica el método de calibración.

Conclusiones sobre la Línea Base

Existe un sobre uso de insecticidas en el Valle de Azapa, con promedios superiores a 10 aplicaciones por temporada en los cultivos de poroto verde y pimiento. Esto es especialmente injustificado considerando que se cultiva en los meses de invierno donde la presión de casi todas las plagas es menor. Muchos de los insecticidas utilizados son de alta toxicidad y baja selectividad (Metomil, Metamidofos, Clorpirifos, Carbofuran). Respecto a las normativas de uso y manejo, se aprecia graves deficiencias en el conocimiento y manejo de estas sustancias peligrosas.

3.1.2. Auditoría

Para determinar el conjunto de plagas que afectan al poroto verde y pimiento en el Valle de Azapa, así como la importancia de cada especie, se realizó un seguimiento y monitoreo de las plagas en los sectores más representativos de ambos cultivos.

Semanalmente las plagas fueron monitoreadas a partir de la primera semana de abril de 2008, a través de la revisión de trampas de pega-

mento amarillas y del recuento directo de un número representativo de plantas recolectadas al azar en cada módulo. A continuación se reporta los resultados obtenidos.

Poroto verde

De acuerdo a la ocurrencia de plagas durante las temporadas otoño-invierno 2008-2010, la polilla del frejol, *Epinotia aporema*, fue la que representó la mayor gravedad por afectar brotes y vainas, así como por la cantidad de plantas afectadas. Según observaciones de campo, con 10% o más de brotes dañados, es conveniente comenzar los tratamientos de control para evitar pérdidas económicas.

Otras plagas, como pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis fabae*) mosquitas blancas (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*), podrían ser de importancia económica como vectores transmisores de virus en poroto. Sin embargo, durante las temporadas en estudio, estas enfermedades no se presentaron en el cultivo. Por otra parte, las condiciones térmicas de la temporada otoño-invierno limitan el desarrollo de estos insectos en altas poblaciones, con lo cual éstos difícilmente lograrían causar pérdidas de importancia económica como plagas directas. Igual situación sucede con otras plagas registradas como arañitas (*Tetranychus urticae* y *Tetranychus cinnabarinus*), trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) y cuncunillas donde a pesar de ser constantemente registradas en los monitoreos, los niveles de población alcanzados no impactan económicamente al cultivo.

Pimiento

Las plagas que revisten mayor importancia son pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aphis gossypii*), trips (*Frankliniella occidentalis*) y mosquitas blancas (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*), por su importancia como vectores de virus, que pueden afectar gravemente al cultivo. Sólo los virus transmitidos por áfidos fueron registrados en este estudio. Sin embargo, los geminivirus transmitidos por mosquita blanca y los tospovirus transmitidos por trips están presentes en Chile y podrían ocasionar epidemias de importancia económica en este cultivo.

Por otra parte, altas poblaciones de trips (*F. occidentalis*), registradas en la última temporada, durante la floración y fructificación del cultivo, causaron deformación de frutos y necrosis en su interior, lo cual debe considerarse como un daño directo potencial de esta plaga en el cultivo.

También se registró la presencia de moscas minadoras (*Liriomyza huidobrensis*) y arañas (*Tetranychus urticae* y *T. cinnabarinus*), pero en bajos niveles de población, sin riesgo de provocar daños considerables. Las cuncunillas (*Spodoptera frugiperda*), que afectan follaje y frutos pueden impactar económicamente al cultivo de pimiento. Sin embargo, esto no sucedió durante las temporadas del estudio.

3.1.3. Monitoreo

Debido a que en ambos cultivos se presenta frecuentemente importantes agentes transmisores (vectores) de virus, es importante que los agricultores realicen un monitoreo constante, tanto de estos vectores como de la aparición de enfermedades causadas por virus. Al aparecer las primeras plantas infectadas, deben identificarse los virus y seguir el plan de manejo de los vectores respectivos los que se indican más adelante en los protocolos de producción limpia. Entre las temporadas 2008 y 2010 se estableció y evaluó los sistemas de monitoreo que se describen a continuación, los cuales han permitido determinar presencia, distribución, abundancia y generar curvas de dinámica poblacional de las plagas.

Monitoreo relativo

Consiste en utilizar algún tipo de trampa (atractivo para los insectos plagas) que permitan en forma rápida estimar la presencia y la abundancia relativa de la población de la plaga capturada y su distribución. Este tipo de trampas no permite conocer la población absoluta del insecto por unidad de área.

Trampas amarillas y azules de pegamento

Estas consisten en cartones plastificados o madera terciada pintadas de color amarillo rey o azul, en ambas caras. El tamaño mínimo es de 10x12 cm con un área total de captura de 240 cm². Estas trampas de-

ben ser revestidas con una sustancia pegajosa o stikem para atrapar al insecto. Las trampas amarillas atraen a insectos como pulgones, trips, mosquitas blancas y moscas minadoras. Las trampas azules atraen más trips que las amarillas.

Trampas de feromona sexual

Las feromonas sexuales son compuestos químicos muy volátiles producidos generalmente por las hembras de muchos insectos para atraer a los machos y garantizar la reproducción. Actualmente estas moléculas se sintetizan y pueden utilizarse para monitorear la abundancia de machos de diferentes especies. Son altamente específicas por lo que una feromona de polilla del tomate atraerá solo a machos de esta especie. En el caso de pimiento y poroto verde en el Valle de Azapa, se ha utilizado exitosamente la feromona de *Spodoptera frugiperda*, con la cual se ha monitoreado a esta plaga durante los ensayos demostrativos.

Monitoreo absoluto

Un sistema de muestreo a través de la revisión de plantas o partes de éstas, permite estimar las poblaciones de insectos presentes por área en forma absoluta. Esto requiere muestrear sistemáticamente los cultivos de manera representativa, al azar y libre de tendencia y registrar los recuentos en planillas de monitoreo. Gracias a estas técnicas es posible tomar decisiones responsables de la aplicación de un determinado pesticida en función de la abundancia o daño de la plaga.

3.1.4. Protocolo de producción limpia

Se detalla para cada cultivo un protocolo de manejo de plagas, considerando como criterio de entrada los diferentes estados fenológicos o etapas de desarrollo de un cultivo, asociadas a eventos críticos donde es necesario evaluar la pertinencia de intervenir con prevención, manejo cultural, control biológico o control químico.

3.1.4.1. Protocolo plagas poroto

Los protocolos para el manejo de las principales plagas del poroto se incluyen en un CD anexo.

3.1.4.2. Protocolo plagas pimiento

Los protocolos para el manejo de las principales plagas del pimiento se incluyen en un CD anexo.

3.1.5. Impacto económico

El manejo de los cultivos bajo un sistema de producción limpia se tradujo en una significativa disminución del número de aplicaciones de pesticidas con respecto al manejo tradicional del agricultor y con el consiguiente menor daño al medio ambiente. Ello sin bajar la calidad y rendimiento de cada especie, y que mejora su nivel de competitividad en el mercado. Los protocolos propuestos de manejo por cultivo implican un conocimiento cabal de los problemas que afectan a las plantas, de modo de intervenir el manejo en forma oportuna y con los métodos más adecuados y amigables con el medio ambiente y con la salud de las personas.

En el **Cuadro 1**, se aprecia una comparación del número de aplicaciones, rendimientos y costos en pimiento y poroto verde, entre la propuesta INIA y el manejo del agricultor. Es posible ver que la relación entre ambas alternativas en cuanto a costo de control por unidad de rendimiento oscila entre 50 y 30% a favor de la propuesta de producción limpia. Ello implica menor costo de operación, menor presión ambiental debido a un menor uso de agroquímicos, y en definitiva mejor nivel de competitividad para un agricultor que incorpora criterios de producción limpia en el manejo de su cultivo.

Cuadro 1. Número de aplicaciones de plaguicidas para el control de plagas, rendimientos y costos en pimiento y poroto verde.

	Pimiento		Poroto verde	
	Agricultor	INIA	Agricultor	INIA
Nº aplicaciones	16	4	9	4
Costo (\$/ha)	1.014.771	295.602	172.381	130.660
Rendimiento (kg/ha)	69.300	70.000	8.680	12.680
Costo control (\$/kg)	14,6	4,2	19,9	10,3

3.1.6. Conclusiones

Los resultados obtenidos al cabo de tres temporadas, demuestran que es posible reducir significativamente el número de aplicaciones de pesticidas tradicionalmente utilizada por los productores de poroto verde y pimiento en el Valle de Azapa. Esto se logra básicamente a través de la utilización de monitoreo sistemático semanal y medidas de prevención, entre las cuales el tratamiento de los almácigos de pimiento con la aplicación de un insecticida sistémico de largo efecto residual antes del transplante, otorga claras ventajas contra varios vectores de virus. En poroto verde, el tratamiento a la semilla, inmediatamente antes de la siembra, previene de importantes pérdidas de plantas por daño de larvas en semillas y plántulas, y posteriormente seguir con un control racional de las plagas de acuerdo a poblaciones críticas.

Por otra parte, se obtuvo información valiosa en el cambio de productos de amplio espectro (Furadan, Metamidofos, Metomilo, Lorsban) utilizados por el agricultor, por otros menos tóxicos (Fenos, Abamectina, Success, Hurricane) en rotación.

Los protocolos evaluados permiten reducir la presión de plagas y evitan pérdidas económicas, aún aceptando niveles mayores de plagas y daño, pero sin disminuir las utilidades del cultivo.

Por sobre estas ventajas económicas, estos protocolos otorgan claras ventajas ecológicas y sociales. Esto trae como consecuencia una menor contaminación del suelo, agua y aire y con mayor protección de los trabajadores agrícolas y toda la comunidad rural, así como de la fauna benéfica y fauna no objetivo expuestas a los pesticidas tóxicos de amplio espectro.

PARTE 2

PROTOCOLOS DE MANEJO DE PLAGAS BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA EN TOMATE Y MAÍZ

Patricia Estay P.

Ing. Agrónomo M. Sc.

Valeska González F.

Ing. Agrónomo.

3.2.1. Línea Base

Con el fin de caracterizar las plagas presentes en tomate y maíz en el Valle de Azapa, así como el uso y manejo de plaguicidas en estas especies, se realizó una encuesta y monitoreo de insectos y ácaros en terreno, a un universo de 54 productores de tomate y de 31 productores de maíz, entre los meses de enero a marzo de 2008.

Tomate

El **Cuadro 2**, muestra las especies de insectos, encontradas asociadas al tomate durante el monitoreo realizado en 54 predios, ubicados entre el kilómetro 2 y el 35, en el Valle de Azapa.

En la **Figura 1**, se observa que en promedio, las tres especies de insectos con el más alto nivel de infestación durante el período de monitoreo en tomate, fueron: el complejo de mosquitas blancas *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* con un 74,1% de infestación, la polilla del tomate, *Tuta absoluta*, con un 66,7 % de presencia y la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* con un 37,8% de infestación. Las otras plagas presentes durante el período de monitoreo fueron arañitas rojas con un 7,4%, trips con un 5,6 % y en menor porcentaje el gusano del fruto y complejo de gusano cogollero con un 3,7 % de infestación.

Es importante destacar, que en los mismos predios en que se encuestó a los agricultores, para determinar el grado de conocimiento que ellos

Cuadro 2. Insectos y ácaros presentes en tomate. Valle de Azapa, km 2 al 35 (enero-marzo, 2008. n= 54 predios).

Especie	Nombre común	Orden	Familia
<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Polilla del tomate	Lepidóptera	Gelechiidae
<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	Mosquita blanca de la batata	Hemíptera	Aleyrodidae
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	Mosquita blanca de los invernaderos	Hemíptera	Aleyrodidae
<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard)	Mosca minadora	Díptera	Agromizydae
<i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande	Trips de California	Thysanóptera	Thripidae
<i>Heliothis zea</i> (Boddie)	Gusano del choclo	Lepidóptera	Noctuidae
<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisd)	Arañita roja	Acari	Tetranychidae
<i>Spodoptera eridania</i> (Cramer)	Gusano cogollero	Lepidóptera	Noctuidae
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)			

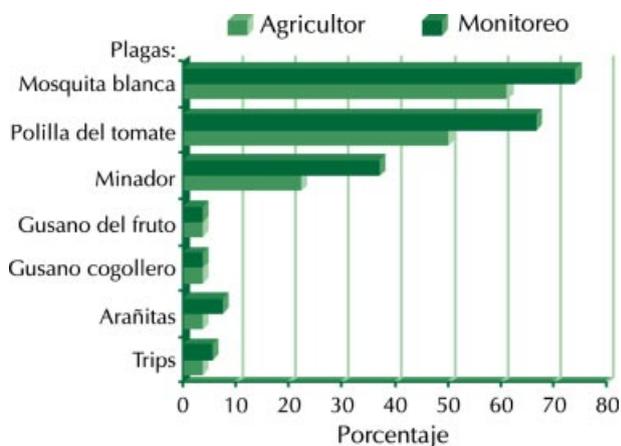


Figura 1. Percepción de la importancia de insectos y ácaros por parte de los agricultores y el porcentaje de infestación determinado mediante monitoreo de campo en tomate. Valle de Azapa, km 2 al 35 (enero -marzo, 2008).

tenían acerca de las plagas que atacaban el tomate y el manejo que realizaban para controlarlas, se monitoreó la presencia de plagas en el 10% de ellos. Como se indica en la Figura 1, la prioridad en que se presentaba en el monitoreo cada especie plaga, es la misma que indicaron los encuestados. Sin embargo, en todos los casos, la infestación fue mayor que la señalada por los agricultores.

En relación al uso de insecticidas en tomate, las encuestas demostraron que los agricultores hacen uso de insecticidas y acaricidas en el 94,4% de los casos. Respecto a los grupos químicos que utilizan, sorprende el mayor uso de insecticidas sintéticos de origen biológico como es i.a. spinosad (PC Success); i.a. abamectina (PC Vertimec 018 EC), donde el 72,2 % de los productores hacen uso de ellos (**Cuadro 3**). Es importante destacar que en el caso del i.a. spinosad el producto comercial utilizado es de la empresa Dow Agrosciences, proveniente de Bolivia comercializado en envases de 250 cc. Consultados los agricultores del por qué usaban este producto que también se comercializa en Chile por la mis-

Cuadro 3. Grupos químicos de mayor frecuencia de uso por los agricultores encuestados en tomate (%).
Valle de Azapa, km 2 al 35 (enero-marzo, 2008).

Plaguicida	Grupo químico	Tomate
Insecticidas y acaricidas	Biológico	72,22
	Neonicotinoide ó Cloronicotinilo	70,37
	Triazina	18,52
	Organosforados	16,67
	Nereistóxina	12,96
	Carbamatos	12,96
	Pirrol	9,26
	Organofosforado + Piretroides	9,26
	Neonicotinoide + Piretroide	5,56
	Piretroide	3,70
	Acylurea	3,70
	Tiadizina	3,70
	Número de encuestas	54

ma empresa, señalaron que en Chile se comercializa en envases de 1 litro, lo cual dificulta su compra por el mayor costo, más aún si la dosis recomendada para el control de plagas en tomate es de 120 a 150 cc/ha y en general quienes lo usan son pequeños productores.

Maíz

En el **Cuadro 4**, se muestra las especies de insectos y ácaros, asociados al cultivo de maíz durante el monitoreo realizado entre enero y marzo del 2008, a 31 predios, ubicados entre el kilómetro 8 y 35, en el Valle de Azapa.

Cuadro 4. Insectos y ácaros presentes en maíz. Valle de Azapa, km 8 y el 35 (enero-marzo, 2008. n = 31 predios).

Especie	Nombre común	Orden	Familia
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	Gusano cogollero	Lepidoptera	Noctuidae
<i>Heliothis zea</i> (Boddie)	Gusano del choclo	Lepidoptera	Noctuidae
<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	Arañita roja	Acari	Tetranychidae

En la **Figura 2**, se observa que gusano cogollero es la especie que los agricultores consideran más importante en el cultivo, con un 96,8 %, seguido por gusano del choclo con un 54,8 %. Sin embargo, el monitoreo realizado en los cultivos de los encuestados, mostró por-

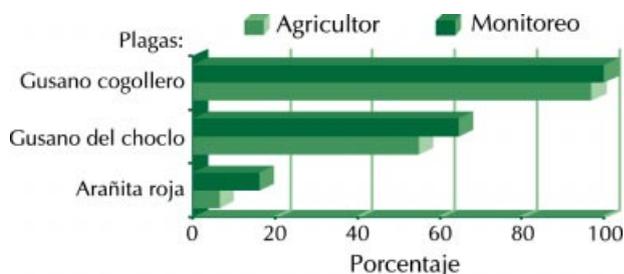


Figura 2. Percepción de la importancia de insectos y ácaros por parte de los agricultores y el porcentaje de infestación determinado mediante monitoreo de campo en maíz. Valle de Azapa, Km 8 al 35 (enero -marzo, 2008).

centajes superiores de infestación, un 100% por gusano cogollero, 64,5% por gusano del choclo y un 16,1 % por araña roja europea.

Los resultados de las encuestas demostraron que los agricultores hacen uso de insecticidas y acaricidas en un 100 % en maíz, a diferencia de lo observado en tomate, donde se hace uso de compuestos de origen biológico. En esta especie, destaca el uso de las mezclas de organofosforado + piretroide (80,7%), carbamatos (64,5%) y organofosforado (25,8%) (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Grupos químicos de mayor frecuencia de uso por los agricultores encuestados en maíz (%). Valle de Azapa, km 2 al 35 (enero-marzo, 2008).

Plaguicida	Grupo químico	Maíz
Insecticidas y acaricidas	Biológico	48,39
	Neonicotinoide ó Cloronicotinilo	0,00
	Triazina	0,00
	Organosforados	25,81
	Nereistóxina	3,23
	Carbamatos	64,52
	Pirrol	0,00
	Organofosforado + Piretroides	80,65
	Neonicotinoide + Piretroide	0,00
	Piretroide	0,00
Acylurea	0,00	
Tiadizina	0,00	
Número de encuestas		31

Conclusiones de la línea base

Los resultados de las encuestas demostraron que los agricultores hacen uso de insecticidas y acaricidas en un 94,4 % en el caso de tomate y 100 % en maíz.

En tomate, el 72,2% de los agricultores hace uso de insecticidas de origen biológico, destacándose el insecticida Success 48SC, ia spinosad,

el cual tiene categoría toxicológica IV, y que significa, que normalmente no ofrece peligro toxicológico. Sin embargo, es importante destacar, que en tomate los agricultores hacen entre 10 y 18 aplicaciones de insecticidas por temporada, superando en general las 6 aplicaciones de Success. Debe señalarse que el fabricante indica que el máximo de aplicaciones en la temporada es de 4 y superar ese máximo, conlleva el riesgo de generar resistencia de los insectos a este producto.

Por otra parte en maíz, a diferencia de lo observado en tomate, destaca el uso de las mezclas de organofosforado + piretroide (80,7%), carbamatos (64,5%) y organofosforado (25,8%), donde los productos más usados son Lorsban Plus, organofosforado en mezcla con piretroide (ia clopirifos + lambdacihalotrina), producto clasificado en categoría toxicológica II. De los carbamatos, el más usado es Metomil 90PS ia metomil, producto categoría Ib muy peligroso junto con el organofosforado MTD 600, ia metamidofos, también categoría Ib.

3.2.2. Auditoría

Con el objetivo de evaluar prácticas de monitoreo y manejo de plagas en tomate y maíz, que permitieran reducir el número de aplicaciones de insecticidas en el Valle de Azapa, entre los años 2008 y 2010, se implementaron ensayos para estudiar la fenología de las plagas de mayor importancia en estos cultivos y las mejores alternativas de manejo.

Tomate

A partir de abril del 2008, se realizó un seguimiento de las plagas presentes en tomate, producidos al aire libre, determinándose como plagas claves o primarias, la polilla del tomate, *Tuta absoluta* y el complejo de mosquitas blancas, *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. La polilla del tomate, daña directamente los frutos y está presente y activa durante todo el año en el Valle, mientras que las mosquitas blancas, especialmente *Bemisia tabaci*, son vectores de virus. Ambas plagas son las responsables del alto número de aplicaciones que realizan los agricultores en tomate.

Durante la temporada 2009-2010, el INIA desarrolló ensayos de tomate al aire libre, con dos agricultores, en distintas fechas de plantación,

30 de mayo del 2009 y 24 de septiembre del 2009, logrando abarcar prácticamente todo el año, lo cual permitió conocer la fenología anual de las dos plagas mencionadas como claves en el cultivo.

En ambos predios, la propuesta INIA fue implementar un programa de aplicación de insecticidas de acuerdo a monitoreo semanal, estimación de umbral de daño económico y registrar las temperaturas, de modo de predecir el próximo estado de desarrollo de las plagas mencionadas. Para ello, se puede utilizar los programas de alerta “on line”, de polilla del tomate y mosquita blanca de los invernaderos (www.inia.cl/sitiosespecializados/entomologia).

Maíz

En relación a los insectos y ácaros en maíz, la primera temporada de seguimiento de éstos mostró, que los dos principales problemas de insectos en esta especie, en el Valle de Azapa, que provocan daño económico corresponden a los ataques del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* y gusano barrenador del maíz, *Elasmopalpus angustellus*. También se determinó la presencia de adultos de gusano del choclo, *Heliothis zea*. Por ello, en las temporadas siguientes se planteó reducir el número de aplicaciones de insecticidas, evaluando la protección de la semilla desde su siembra y el uso de insecticidas de origen biológico.

3.2.3. Monitoreo

Tomate: polilla del tomate

- En campo y en invernadero, la presencia de machos adultos de polilla del tomate se verificó a través del uso de la feromona sexual Tuta Stop, incorporada a una trampa. El número de trampas usadas para monitoreo depende de la superficie de tomate cultivado. Así entre: 0-8 ha= 1 trampa cada 3 ha; 8-16 ha= 1 trampa cada 5 ha; 16-23 ha= 1 trampa cada 6 ha; sobre 32 ha= 1 trampa cada 8 ha; el mínimo de trampas a instalar son 2.
- Las trampas deben ser revisadas como mínimo una vez a la semana, determinando el número de machos caídos por trampa/día y graficando para establecer las fluctuaciones poblacionales de la polilla del tomate.

- Junto con el uso de trampas para adultos, se debe realizar un muestreo al azar de plantas, recorriendo el campo en forma de “X” y revisando la ovipostura en las hojas apicales, la presencia de larvas y daño de galerías en las hojas, para determinar así el porcentaje de plantas infestadas con huevos, larvas y dañadas por polilla del tomate.
- Como índice para aplicar control químico, se ha determinado distintas combinaciones entre número de machos capturados por trampa al día y porcentaje de plantas infestadas, ellos son:
 - a. 70 machos/día con 0% de daño en planta.
 - b. 50 machos/día con 6% de plantas con huevos y/o larvas.
 - c. 25 machos/día con 10% de plantas con huevos y/o larvas.

Tomate: complejo de mosquita blanca

- Uso de trampas cromáticas de cartón amarillas para monitoreo de adultos. Consiste en una cartulina de 10 x 32 cm, cubierta con pegamento, la cual se ubica a 1 m desde la superficie del suelo, y se evalúa diariamente determinándose el número de mosquitas blancas /trampa.
- Semanalmente se evalúa la presencia de los estados inmaduros de mosquita blanca, determinándose la presencia de ninfas, huevos, pupas y adultos en 30 plantas al azar en diagonal o en cruz.
- Una vez determinado el máximo de adultos, se estima la presencia de ninfas y la próxima generación de adultos, y que depende de la temperatura. Esta varía en el Valle de Azapa entre 10 y 20 días, a temperatura promedio de 20°C y de 13°C respectivamente.

Maíz: gusano cogollero, gusano del choclo y gusano barrenador

Para la detección de machos adultos de gusano cogollero y gusano del choclo se empleó trampas con feromonas específicas para cada plaga, en un número de 2 por predio, parcela y/o hectárea. Las trampas deben ser revisadas semanalmente contando el número de machos caídos por trampa/día. También se debe evaluar el porcentaje de emergencia de maíz, generalmente entre 9 y 11 días post siembra, y realizar observaciones directas en las plantas en forma semanal, en un número de 15 plantas mínimo por predio, distribuidas en las hileras del inicio, medio y final del predio o plantación. Se debe determinar el número de plantas

dañadas, infestadas por huevo y /o larvas. En el caso del gusano del cogollero, se sabe que con temperaturas superiores a 13,3°C, la hembra ovipone, y que con esa temperatura como umbral, necesitaría acumular 8,3°C, para que se produzca eclosión y actividad de la larva. Normalmente, esa acumulación térmica en el Valle de Azapa se logra en la época de siembra del maíz, a los dos días de emergidas las plántulas.

3.2.4. Manejo de plagas bajo criterios de producción limpia

En tomate y en maíz, el INIA realizó durante dos temporadas y en dos épocas de plantación en tomate y en una de siembra en maíz, ensayos tendientes a demostrar la necesidad de monitorear las plagas, como una herramienta para implementar Prácticas de Manejo Integrado de Plagas y reducir así el uso indiscriminado de insecticidas, como se detalla a continuación.

3.2.4.1. Propuestas de manejo de las plagas claves en el cultivo de tomate en Valle de Azapa

Las propuestas de manejo de INIA, consistieron en el uso de monitoreo, para decidir la aplicación de insecticidas al aire libre y la propuesta de MIP. Este consiste en el uso de malla de exclusión con doble puerta de entrada.

- Pediluvio a la entrada del invernadero.
- Instalación de trampas de agua con feromona para la captura de machos de polilla del tomate, a razón de 40 feromonas/ha, usadas como trapeo masivo.
- Trampas amarillas con pegamento (3m x 0,25m), por todo el costado del invernadero.
- Poda de hojas con presencia de larvas y daño y su inmediato traslado a compostera.
- Monitoreo de plantas para determinar umbrales de acción.
- Liberaciones inundativas del parasitoide de huevos *Trichogramma* spp.
- Aplicaciones de insecticidas neurotóxicos de nueva generación, con registro en tomates.
- Reguladores de crecimiento.

En todos los predios al aire libre, durante la primera temporada, la propuesta INIA determinó una reducción de 10 a 5 aplicaciones de insecticidas para la plantación temprana (mayo) y de 16 a 7 aplicaciones para la plantación tardía (septiembre).

Una vez conocidas las plagas más frecuentes en el cultivo del tomate, su fenología de acuerdo a las condiciones agroecológicas del Valle de Azapa, el manejo tradicional que hacía el agricultor con estas plagas y los resultados de la primera propuesta desarrollada por INIA para reducir el número de aplicaciones de insecticidas, se procedió durante el año 2010, a repetir la propuesta INIA en un cultivo de tomate de abril a septiembre, en base a Monitoreo, tanto al aire libre, como en invernadero de exclusión, comparándola con la desarrollada por el agricultor.

El análisis particular de cada una de las plagas mencionadas, se describe a continuación.

Complejo de mosca blanca

El porcentaje de plantas de tomate infestadas por adultos de mosca blanca, en ambos tratamientos: Agricultor e INIA, plantados en el mes de mayo del 2009 y a 11 días del trasplante, fue del 80%, a pesar de haber sido tratadas con Imidacloprid, previo al trasplante, de acuerdo a la concentración señalada por el fabricante del producto.

Durante el desarrollo del cultivo, prácticamente no se produjo desarrollo de estados inmaduros (huevos, ninfas, pupas), lo cual demostró que los adultos que provocaron problemas en forma sostenida durante todo el cultivo, provienen de los cultivos aledaños, malezas y rastrojos.

Como el daño económico más importante producido por la mosca blanca en esta zona, es la transmisión de virus, los resultados obtenidos en los ensayos trasplantados en mayo y septiembre, muestran que la aplicación de insecticidas foliares destinados al control de mosca blanca no cumple con su finalidad. Ello debido a que esta aplicación no controla los adultos que permanentemente están llegando al cultivo desde otras áreas, y por ello la incidencia de virus en ambos tratamientos supera el 80% de las plantas a partir de los 45 días después del trasplante.

Estos resultados permitieron plantear que para reducir las poblaciones de mosca blanca y por ende la incidencia de virus, en el Valle de Azapa, dado los bajos requerimientos térmicos de la plaga, su corto ciclo de vida, la alta tasa de reproducción y la presencia de virus, de las cuales es vector, *Bemisia tabaci*, se deben generar ambientes que permitan la exclusión de adultos, en ambientes controlados. Ello como instalaciones e invernaderos con malla antiáfido, doble puerta o cámara, trampas cromáticas en los puntos donde se presente riesgo de ingreso de adultos al invernadero, poda de hojas basales, con eliminación inmediata de rastrojo en compost para bajar la carga de ninfas y pupas que podrían estar presente en el cultivo y que son el foco de producción de los futuros adultos.

Es importante destacar, que en los tomates plantados en el mes de septiembre en el tratamiento Testigo, se realizó 18 aplicaciones de insecticidas, porque en algunas fechas se mezclaron insecticidas, para el control de más de una plaga (mosca blanca, gusano cortador, polilla del tomate). De esas aplicaciones, cinco fueron destinadas al control de mosca blanca, sin el resultado esperado, porque al igual que el ensayo anterior, el problema es el vuelo de adultos que provienen de cultivos aledaños, los cuales pueden oviponer en la planta. Sin embargo, un bajo número eclosa dando origen a ninfas, que se alimentan, sin desplazarse en la planta. Luego se transforman en pupas y de éstas emergen los adultos, que al encontrar una planta infectada por virus, son capaces de transmitirlo a plantas sanas.

La aplicación del insecticida Imidacloprid (PC Confidor 350SC) del grupo de los neonicotinoides, usado en el tratamiento Testigo al momento del trasplante y en el tratamiento INIA, permitió el control de mosca blanca en estado adulto y ninfal, con un efecto residual de aproximadamente 24 días.

Durante la temporada 2010, se confirmó lo establecido la temporada anterior (**Figura 3**), donde, el invernadero de exclusión, logró impedir el ingreso de adultos de mosca blanca, no siendo necesaria la aplicación de insecticidas foliares. Sólo se aplicó Imidacloprid previo al trasplante. Durante todo el desarrollo del cultivo al aire libre se confirma la presencia de adultos, presentando un menor nivel infestación el tratamiento INIA, con un menor número de aplicaciones.

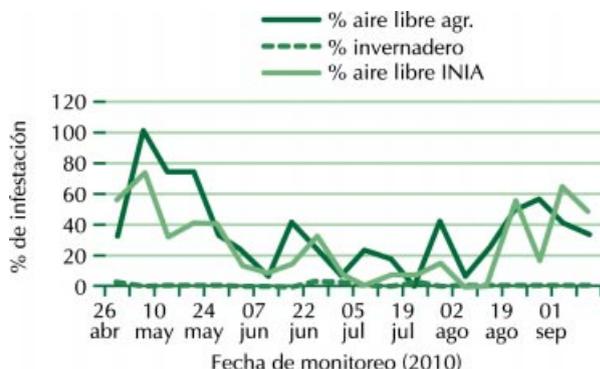


Figura 3. Plantas infestadas por el complejo de mosquita blanca (%) Valle de Azapa, abril –septiembre, 2010.

Polilla del tomate

En la producción al aire libre, en el Valle de Azapa, la caída de machos de polilla del tomate, en trampas con feromona se produce en forma permanente durante todo el año, desde el momento de la plantación. Durante todo el desarrollo del cultivo se observó la presencia de huevos y larvas, que provocaron daños del orden del 60% al término del cultivo, en plantaciones realizadas en el mes de mayo.

En las plantaciones realizadas en septiembre, las trampas para el monitoreo de machos de polilla del tomate fueron instaladas en el predio 18 días antes del trasplante (15 de septiembre), registrándose caída de machos, a la semana de su instalación (10 /trampa/día), alcanzando el máximo, el 27 de noviembre, con un número que supera el umbral de daño, considerando sólo machos adultos. La alta infestación por machos adultos registrados con las trampas, genera alta infestación por larvas en las plantas, 65% tratamiento INIA y 80% tratamiento Agricultor, entre los 14 y 20 días después del alza de la población de adultos, respectivamente. Esta infestación podría ser la responsable que entre el 24 de diciembre y el 15 de enero, las plantas del tratamiento INIA y del tratamiento Agricultor, presentaran un 100% de daño. La gran diferencia entre los dos tratamientos, es el número de aplicaciones de insecticidas. En el tratamiento Agricultor se hicieron, como se indicó anteriormente, 18 aplicaciones de insecticidas, de las cuales 11 fueron dirigidas al control de polilla del tomate y el tratamiento INIA redujo en un

61% las aplicaciones de insecticidas, usando siete aplicaciones, de las cuales seis fueron dirigidas al control de polilla del tomate, no observándose diferencias, en rendimiento, ni en frutos dañados por polilla del tomate.

Al comparar la plantaciones de tomate al aire libre (Programa INIA y Agricultor), con la plantación de tomate con malla de exclusión (Programa INIA), en todos los tratamientos se observó la presencia de polilla del tomate y la diferencia estuvo en la intensidad de la infestación, expresada en el número de machos caídos en las trampas y el porcentaje de plantas infestadas por polilla. En la **Figura 4**, se observa que entre mayo y mediados de agosto la caída de machos fluctuó entre 0 y 2,4 machos por trampa/día bajo condiciones de invernadero, mientras que al aire libre fluctuó entre 6,7 y 19,7 machos/trampa.



Figura 4. Caída diaria de machos de polilla del tomate en trampa con feromona, en tratamientos de tomate al aire libre y en invernadero. Valle de Azapa, 2010.

Es importante señalar que en el caso del uso de la malla de exclusión, se verificó la mayor caída de machos en las tres trampas contiguas a la entrada, y que demuestra la falta de hermeticidad del invernadero, lo cual permitió el ingreso de machos y probablemente el ingreso de hembras grávidas, que ovipositaron y generaron daños en hojas (**Figura 5**). Estos resultados indican la necesidad de contar con una hermeticidad del invernadero, en especial en el período de fructificación, para evitar

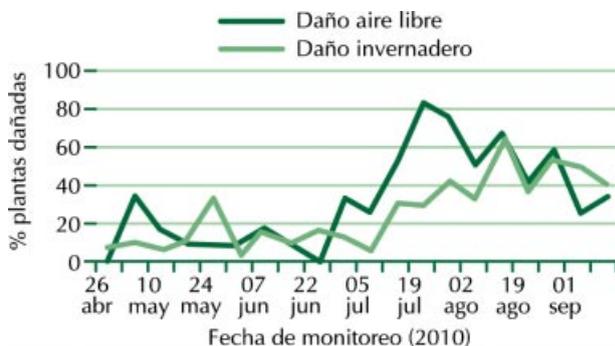


Figura 5. Daño en hojas por polilla del tomate, en tratamientos de tomate al aire libre y en invernadero. Valle de Azapa, 2010.

el ingreso de hembras ya fecundadas desde el exterior y que no pueden ser atrapadas por las trampas con feromona.

3.2.4.2. Protocolo de manejo de plagas en tomate

Los protocolos para el manejo de las principales plagas del tomate se incluyen en un CD anexo.

3.2.4.3. Propuestas de manejo de las plagas claves en el cultivo de maíz dulce en el Valle de Azapa

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados en las temporadas 2008-2009 y 2009-2010, muestran a *S. frugiperda* como la plaga clave en el cultivo de maíz, en el Valle de Azapa, alcanzando niveles de daño de 93% ocasionado por las larvas, tanto a nivel de plántulas actuando como cortador y en pleno desarrollo del cultivo, afectando hojas y ápice.

Durante la temporada 2009, se demostró, la importancia de proteger la semilla con insecticidas, para evitar el daño de esta plaga, durante el período de germinación y emergencia de plántulas. Sin embargo, este tratamiento logra proteger entre 14 y 20 días después de siembra. Posteriormente se requiere de otras aplicaciones. Con el objeto de reducir el número de aplicaciones de insecticidas y en la búsqueda de alterna-

tivas de menor impacto ambiental, se diseñó un ensayo, en el cual se incorporó el uso de cebos en base a Success 48SC (ia Spinosad), consistente en un sustrato elaborado con 800 g de harina de maíz + 190 g de gelatina de maíz + 15 cc de aceite de maíz + 1.000 cc de agua destilada y 2,1 cc del insecticida.

El cebo se utilizó inmediatamente después de la siembra, como se muestra en la **Figura 6**, protegiendo a la planta 33 días, con daño inferior al 5%, sin necesidad de aplicaciones foliares. Por otra parte, los tratamientos, que consideraron aplicaciones de insecticidas a la semilla y uso de cebos, desde que se inicia el desarrollo de la larva (que se puede calcular a partir de temperaturas superiores a 13°C, con acumulación de 8,3 días), implicó la aplicación del cebo al producirse el 20% de emergencia, Cruiser 350 FS (ia Thiamethoxam) a la semilla y Poncho 600 FS (ia Clothianidin) a la semilla, más tres aplicaciones de cebo en cada caso. Ello permitió mantener las plantas protegidas, con daños inferiores al 20%, cuando el tratamiento agricultor, con aplicaciones tradicionales de insecticidas, alcanzó hasta el 70%.

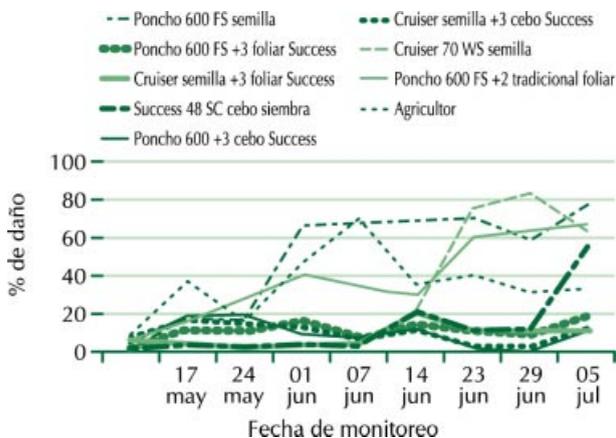


Figura 6. Daño causado por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en maíz, en tratamientos aplicados a la semilla, foliar, uso de cebo y combinaciones de insecticidas y método de aplicación.

3.2.4.4. Protocolo para manejo de plagas en maíz dulce

Los protocolos para el manejo de las principales plagas del maíz dulce se incluyen en un CD anexo.

3.2.5. Impacto Económico

Tomate

Al comparar el manejo tradicional del agricultor para el control de plagas en tomate al aire libre y la propuesta INIA, se observan diferencias, como una reducción del número de aplicaciones de plaguicidas de ocho a seis y un 11,4% menos de frutos dañados, con un costo del tratamiento de \$ 6,2/kg producido, mientras que el tratamiento agricultor alcanzó un costo de \$ 7,5/kg (**Cuadro 6**). Los rendimientos y calibres obtenidos fueron similares, tanto en el tratamiento agricultor como el implementado por INIA.

Cuadro 6. Resumen de costos del manejo de plagas en el cultivo de tomate.

	Manejo de Plagas Agricultor/ aire libre	Manejo de Plagas INIA/aire libre	Manejo Integrado de Plagas (MIP) INIA/Invernadero
Nº Aplicaciones plaguicidas	8	6	7
Costo (\$/ha)/manejo de plaguicidas	314.044	335.441*	4.076.821**
Rendimiento (kg/ha)	41.823	53.729	131.803 (sept)
Costo (\$) Control de plagas/kg producido	7,5	6,2	30,93 (sept)

* Incluye el costo de monitoreo de plagas.

**Incluye el costo del invernadero de malla antiáfido con estructura de madera amortizado a cinco años, costo de monitoreo y costo de trampas como método de control.

El rendimiento obtenido bajo malla de exclusión (antiáfido) es 40% superior al obtenido al aire libre con 131.803 kg/ha evaluado hasta septiembre, con posibilidades de extender el cultivo por tres meses. Por otra parte, la menor incidencia de plagas quedó evidenciado (**Figura**

ra 7) en la menor proporción de frutos dañados (2,8%) bajo malla, los que se constituyen en desecho para el agricultor. La producción bajo malla también se vió favorecida por las condiciones que ésta proporciona al cultivo y la menor incidencia de enfermedades viróticas, dado la escasa infestación de mosquitas blancas y trips, obteniendo un 83,0% de frutos de calibre extra en relación a un 5,6% de la producción al aire libre, con un manejo de plagas recomendado por INIA.

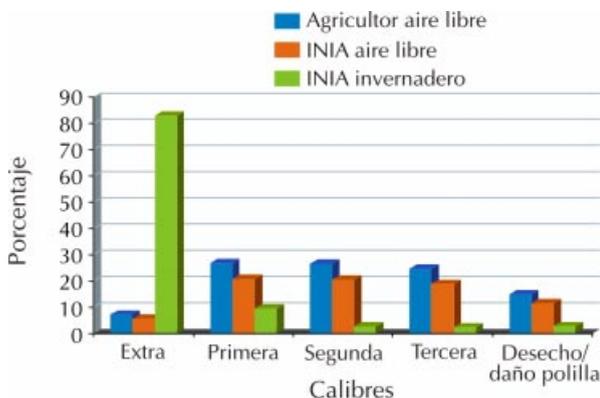


Figura 7. Distribución de calibres (%) en cultivo de tomate bajo distintos manejos de plagas. Valle de Azapa, 2010.

Todas estas ventajas reflejadas en el rendimiento obtenido con el manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate bajo malla de exclusión y los altos precios de la producción de tomate en invierno (\$13.000/caja de calibre extra, durante el 2010), compensan el alto costo que significa la incorporación de esta tecnología, recuperándose el total de la inversión en un período máximo de tres años.

Maíz

Los rendimientos obtenidos en maíz se vieron perjudicados debido a la escasez hídrica a la cual se vieron sometidos durante la temporada 2010. Tuvieron rendimientos inferiores a lo esperado entre 52 - 41,5%. Los manejos de plagas propuestos por INIA son de mayor costo que el manejo realizado por el agricultor, dado los insecticidas que éstos emplean y el costo del monitoreo de plagas (**Cuadro 7**). Sin embargo, el uso de alternativas de plaguicidas de menor toxicidad y más selectivos

Cuadro 7. Costos del manejo de plagas en maíz, tratamiento agricultor e INIA. Valle de Azapa, temporada mayo-julio, 2010.

	Manejo plagas Agricultor	Manejo plagas INIA*		
		Cebo a la siembra	Crusier siembra/ aplicaciones cebo	Crusier siembra/ aplicaciones foliares
Nº aplicaciones	3	1	4	6
Costo (\$/ha) aplicaciones plaguicidas	143.000	731.770	2.169.811	416.706
Rendimiento/unid.	38.261	32.996	43.504	43.503
Costo control plagas/unid.	3,74	22,18	49,88	9,58

* Incluye costo de monitoreo de plagas.

tiene otras ventajas a considerar, como evitar la resistencia de plagas, menor exposición de productos nocivos por los agricultores-consumidores y protección de la fauna benéfica. Por ello, la propuesta INIA, constituye una alternativa de producción de maíz sustentable y limpia para el Valle de Azapa.

Es importante destacar, que el costo del tratamiento con cebo requiere de ajustes en la dosificación, pudiendo reducirse notablemente, dado que el mayor costo está dado por el valor de los insumos que se emplean (harina de maíz, gelatina, aceite de maíz), no así por la dosis del plaguicida (2,1 cc Success 48), constituyéndose en una interesante alternativa para el manejo de *Spodoptera frugiperda*, la principal plaga que ataca al maíz, en el Valle de Azapa.

3.2.6. Conclusiones

Tomate

La propuesta de INIA, consistente en el uso de trampas de feromona para monitoreo de machos de polilla del tomate y monitoreo de infestación en plantas, para determinar los períodos óptimos para el control de esta plaga, permite en plantaciones de septiembre -enero al aire

libre, reducir de 16 a 6 el número de aplicaciones de insecticidas y de 8 a 6 en las plantaciones de marzo- septiembre, obteniendo en ambos casos, el mismo rendimiento y calidad de frutos, con el consiguiente beneficio en términos de impacto económico, social y ambiental.

La propuesta de INIA, para el manejo de plagas en tomate en el Valle de Azapa, consiste en un programa de MIP (Manejo Integrado de Plagas) que contemple las siguientes medidas:

- Uso de malla antiáfido y doble puerta en invernadero, como mecanismo de exclusión.
- Control de polilla del tomate, con: feromona para captura masiva de machos; poda de hojas para el control de larvas; *Trichogramma*, como control biológico de huevos; e insecticidas de nueva generación (neurotóxicos y reguladores de crecimiento) en los casos que sea necesario.
- Para el complejo de mosquita blanca, se requiere en estas condiciones, de trampas amarillas para captura masiva de adultos.

Maíz

La principal plaga detectada en maíz durante toda la fenología del cultivo es *Spodoptera frugiperda*. Las principales medidas de control propuestas son:

- Protección de la semilla de maíz con insecticidas de acción sistémica, los que protegen del ataque de 14 a 20 días.
- Se recomienda posterior a la emergencia la protección de la plántula con el uso de cebos que incorporen insecticidas del tipo biológico, como *Bacillus thuringiensis* o neurotóxicos de nueva generación, como Spinosad.
- Spinosad, incorporado como cebo protege a la planta 33 días, con daño inferior al 5%, presentándose hasta la fecha como el mejor tratamiento, sin embargo se requiere que el fabricante, en este caso Dow Agrosience valide y registre este insecticida para maíz ante el SAG, como una alternativa de manejo de esta plaga, que hoy día es controlada en el Valle de Azapa, sólo con organosforados, carbamatos y piretroides.

PROTOCOLOS DE MANEJO DE ENFERMEDADES BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA EN POROTO VERDE, MAÍZ, PIMIENTO Y TOMATE

Paulina Sepúlveda R.

Ing. Agrónomo M.Sc.

Claudia Rojas B.

Ing. Agrónomo

INTRODUCCIÓN

La incorporación de criterios de manejo integrado de plagas y enfermedades, se ha elegido como la estrategia para la definición y prueba en campo de protocolos de producción limpia para los cultivos de tomate, pimiento, maíz y poroto verde. Ello, con la finalidad de mejorar la calidad de los productos, disminuir la presión de aplicación de agroquímicos, asegurar inocuidad de los productos y en definitiva realizar un manejo agronómico eficiente, rentable, y amigable con el medio ambiente.

Cabe mencionar que el criterio de manejo integrado se refiere a un sistema que reúne todas las técnicas posibles para mantener plagas y enfermedades bajo un cierto nivel que no cause daño económico al cultivo. Con esto se está haciendo referencia a que es un conjunto de medidas y no una en particular, la forma o criterio que se debe aplicar para enfrentar un problema sanitario, entre las que se pueden mencionar, la protección de enemigos naturales, rotación de ingredientes activos, calibración de equipos de aplicación, determinación de dosis y nivel de mojamiento, entre otras.

4.1. LÍNEA BASE

Para diseñar un protocolo de manejo de enfermedades bajo un sistema de producción limpia para tomate, pimiento, poroto verde y maíz, se recogió información base mediante una encuesta, sobre la situación sanitaria de los cultivos y la percepción de los agricultores sobre los principales problemas patológicos que afectaban estos cultivos. Además, se realizó una prospección de enfermedades basada en monitoreo. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

4.1.1. Poroto verde

El 67% de los agricultores menciona a Oidio como la enfermedad más importante seguida por nematodos con 22%. Más aún, los agricultores reportan el ataque de Tizón, aspecto no concordante con las enfermedades que se presentan comúnmente en poroto. Paralelamente, un 16.6% de los agricultores reconoció no tener enfermedades en sus cultivos. Los resultados señalan una situación diferente a lo reportado en la literatura y por observaciones de la autora principal en la zona central de Chile, donde los principales problemas del cultivo de poroto son las enfermedades causadas por virus seguidas por los problemas radiculares, Oidio, roya y otras.

La mayoría de los agricultores encuestados controlan sus enfermedades con aplicaciones de fungicidas y/o nematicidas y para ellos los productos utilizados se detallan en la **Figura 1**. Se observa que para el control de Oidio se utilizan cuatro fungicidas. Azufre, Bayleton (Triadimefon), Systhane (Microbutanil) y Topas 200EW (Penconazole),

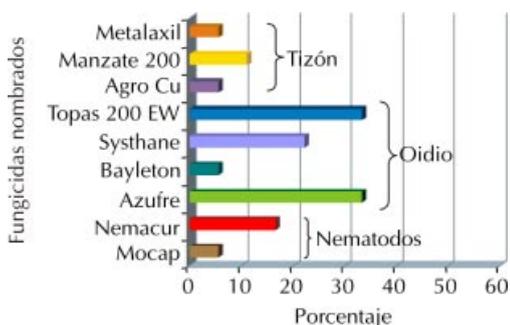


Figura 1. Fungicidas utilizados para el control de enfermedades en poroto verde (%), Valle de Azapa, 2007.

donde mayoritariamente las aplicaciones se realizan con Azufre y Topas, sobre 30%. Para el control de Tizón son tres los fungicidas utilizados Agro Cu (Cu), Manzate 200 (Mancozeb) y Metalaxil y para el control de nematodos Mocap (Ethoprophos) y Nemacur (Fenamiphos).

Del total de fungicidas y nematicidas que los agricultores utilizaron para el control de sus enfermedades, sólo dos de ellos Bayleton y Azufre están autorizados por el SAG para el control de Oidio en poroto. Otro dato importante a considerar en las encuestas, es que los agricultores señalaron no llevar registro de sus aplicaciones de agroquímicos, situación muy relevante y que debe corregirse para lograr un manejo de agricultura limpia y enmarcado en las BPA.

4.1.2. Maíz

La situación sanitaria del cultivo con respecto a las enfermedades se señaló como sano en un 90% y sólo tres agricultores mencionaron problemas fitopatológicos causados por nematodos, *Phytophthora infestans* y Tizón, utilizando para su control Nemacur para el primero y Ridomil Gold (Mephenoxan) para *Phytophthora* y Tizón. Al igual que lo señalado en poroto verde, ninguno de estos productos está autorizado para su uso en maíz. De los resultados de la encuesta, se puede concluir que el maíz es un cultivo sano desde el punto de vista de enfermedades.

4.1.3. Pimiento

Las enfermedades más importantes según los agricultores fueron *Botrytis* mencionada en un 68%, seguida por Tizón con un 48%, luego Oidio (28%), nematodos con 24% y por último, Tizón tardío (12%), Tizón temprano (8%), *Fusarium* (8%) y cenicilla (4%). Ninguno de los agricultores entrevistados reconoce a las enfermedades causadas por virus como un problema en pimiento en el Valle de Azapa, situación diferente a lo que ocurre en otras regiones del país donde las virosis son de gran importancia, especialmente en la zona centro norte del país.

Para el control de *Botrytis*, el fungicida mayormente utilizado fue Switch 62 WG (Cyprodinil + Fludioxonil), con el 20% de las aplicaciones, seguido por Manzate (Mancozeb) y Azufre. Para el control de Oidio, los utilizados en mayor porcentaje fueron: Azufre tanto en polvo como mojable y Topas 200EW (Penconazole) con valores de 8% respectivamente. Cabe destacar que fungicidas señalados por los agricultores como utilizados para el control de *Botrytis* como Metalaxil y Previcur (Propanocarb-HCl), y Systhane (Microbutanil) no controlan esta enfermedad, lo que deja de manifiesto el desconocimiento por parte de los agricultores sobre el modo de acción de los productos y sus recomendaciones de uso.

En la **Figura 2**, se resumen los 10 fungicidas utilizados para el control de Tizón, Tizón temprano, Tizón tardío y nematodos. Al respecto, es importante señalar la poca claridad de los agricultores al señalar a Tizón como enfermedad importante en pimiento, porque la literatura no señala una enfermedad denominada Tizón, como tampoco Tizón temprano ni tardío en pimiento. Los agentes patógenos de los diferentes tipos de Tizón en tomate son muy diferentes. El Tizón temprano es causado por *Alternaria solani* y Tizón tardío por *Phytophthora infestans*, por lo cual los fungicidas recomendados para su control son de diferentes grupos químicos. En la

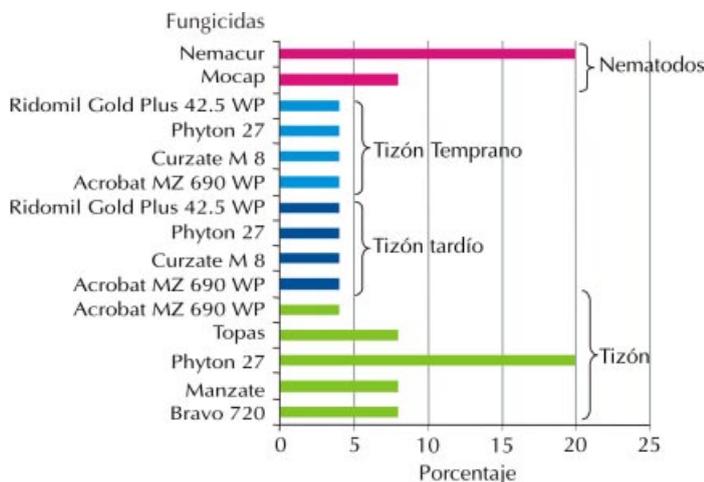


Figura 2. Fungicidas utilizados para el control de tizón y nemátodos en pimiento (%), Valle de Azapa, 2007.

Figura 2, se observa que Nemacur fue el nematicida utilizado preferentemente (20%) para el control de nematodos.

Los resultados de las encuestas en pimiento, dejan de manifiesto que existe confusión por parte de los agricultores respecto de las enfermedades que ataca al cultivo. Cabe señalar que algunos agricultores mencionaron insecticidas para el control de enfermedades. Es el caso de Success (Spinosad) que fue mencionado en dos oportunidades para el control de Tizón. Por otra parte, el número de aplicaciones de fungicidas durante la temporada fue muy variable, entre 0 y 24 aplicaciones.

Es importante destacar que ninguno de los fungicidas utilizados para el control de Tizón o nematodos están autorizados para su uso por el SAG, como tampoco la mayoría de los productos utilizados para el control de *Botrytis* u Oidio. Para el caso de Oidio, sólo está autorizado el azufre y para *Botrytis* solamente Bravo 720 (Clorotalonil) y Switch 62.5 WG.

4.1.4. Tomate

Los agricultores en el Valle de Azapa señalan siete enfermedades como importantes para la producción de tomate; Nematodos (79.6%), *Botrytis* (75.9%), Tizón (68.5%) y Oidio (63%). Sólo dos agricultores mencionaron a *Phthophthora* y virosis como un problema para el cultivo. Al respecto sorprende, al igual que lo señalado en pimiento, la poca importancia que se da a las enfermedades causadas por virus por parte de los agricultores. Virus como Mosaico del pepino, Mosaico del pepino dulce, Mosaico del tomate, Bronceado del tomate, entre otros, son señalados en la literatura en diversas regiones del país, afectando el rendimiento y calidad de frutos.

Los productores utilizaron una gran cantidad de fungicidas para el control de las enfermedades mencionadas. Sobre el 50% de las aplicaciones para el control de nematodos se realiza con Nemacur (Fenamiphos) y Mocap(Ethoprophos), ninguno de estos productos están autorizados para su uso en tomate en el país. Para el control de *Fusarium* se mencionan diez fungicidas de diferente modo de acción y grupo químico.

El más utilizado con 22% de las aplicaciones es Agro Cu, producto que no está registrado como fungicida en el país para uso en ningún cultivo, seguido por Metalaxil y Previcur con 14% cada uno, fungicidas no recomendados para el control de *Fusarium*. Es importante señalar que ninguno de los fungicidas mencionados por los agricultores para *Fusarium* está reconocido por SAG para su uso en tomate.

En cuanto a los fungicidas utilizados para el control de Oidio y Tizón la situación es similar. Los agricultores reportan el uso de veinticuatro productos para el control de Tizón, donde Phyton 27 (Sulfato de cobre pentahidratado) fue aplicado en un 22% de las oportunidades para su control, seguido por Manzate 200 (14.5%). De la totalidad de productos utilizados, sólo tres de ellos tiene autorización de uso para Tizón: Curzate (Cymoxanil mas Mancozeb); Matalaxil y Metalaxil Cu. En el caso de Oidio nueve fungicidas fueron mencionados, siendo Topas 200EW el más aplicado con sobre 40%, seguido por azufre y Systhane. Al respecto, es importante señalar que ambos productos tienen registro y controlan adecuadamente el Oidio.

Para el control de *Botrytis cinerea*, los productores mencionaron quince fungicidas, el mas utilizado con 36%, fue Switch 62.5 WG (mezcla de Cyprodinil + Fludioxonil) que sí está recomendado para su uso y además está registrado para tomate. Del total de los productos utilizados sólo cinco de ellos tienen autorización de uso y recomendados para el control de la enfermedad, ellos son: Bravo 720 (Clorotalonil); Phyton-27 (Sulfato de cobre pentahidratado); Polyben 50 WP (Benomil); Switch 62,5 WG (Cyprodinil mas Fludioxonil) y Tacora 25 WP (Tebuconazole). Es importante señalar que productos como Metalaxil, Streptoplus, Systhane y Swift no controlan al agente causal.

Como conclusión, se puede señalar que existe mayor conocimiento de las enfermedades del cultivo y de la efectividad de los fungicidas para controlar, en comparación con lo ocurrido para las otras especies analizadas. Sin embargo, existe desconocimiento de las enfermedades causadas por virus.

4.2. AUDITORIA DE LA SITUACIÓN SANITARIA POR ESPECIE

El conocimiento de las enfermedades que afectan a cada especie en el Valle de Azapa se realizó mediante una prospección basada en “monitoreo”, que corresponde a una evaluación sistemática y documentada de los problemas fitosanitarios que afectan al cultivo durante todo su período fenológico. La identificación del agente causal se ratificó mediante análisis de laboratorio.

El monitoreo de enfermedades considera la determinación de incidencia (porcentaje de plantas que presentan enfermedad sobre el total de plantas analizadas) y severidad de enfermedades expresado en una nota que corresponde al porcentaje de la planta que se encuentra enferma de acuerdo a la siguiente escala:

- 0 = planta sana.
- 1 = 0-25% de la planta enferma.
- 2 = 25-50% de la planta enferma.
- 3 = 50-75% de la planta enferma.
- 4 = 75-100% de la planta enferma.

A continuación, se señalan los principales problemas sanitarios determinados por cada cultivo:

4.2.1. Poroto verde

Durante el período de establecimiento del cultivo se desarrollaron pudriciones del cuello y raíces causadas por hongos del género *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia solani*. Estos patógenos también causaron pérdidas de plantas en estados de madurez del cultivo. Otra de las enfermedades fue Oidio causado por el hongo *Erysiphe polygoni* cuya sintomatología es posible observar durante todo el período vegetativo. Es importante señalar que no se presentaron virus afectando al cultivo, situación muy diferente con lo observado en el cultivo en la zona central del país.

En el **Cuadro 1**, se muestra los fungicidas autorizados para control de enfermedades en poroto por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Cuadro 1. Fungicidas autorizados para el control de diversas enfermedades en porotos por el SAG* (junio, 2008).

Enfermedad	Fungicidas comerciales	Ingrediente activo
Oidio	Amistar 50 WG	Azoxystrobin
	Azufre mojable	Azufre
	Thiovit jet	Azufre
	Point benomyl 50 PM	Benomyl
	Score 250 EC	Difenoconazole
	Bayleton 25% WP	Triadimefon
	Xenor	Triadimefon
Roya	Amistar 50 WG	Azoxystrobin
	Bayleton 25% WP	Triadimefon
	Xenor	Triadimefon
	Thiovit jet	Azufre
Alternariosis	Amistar 50 WG	Azoxystrobin
Antracnosis	Point benomyl 50 PM	Benomyl
	Captan 80 WG	Captan
	Captan 83 WP	Captan
	Chlorothalonil 75 WG	Chlorothalonil
	Pugil 50 SC	Chlorothalonil
	Folpan 50 WP	Folpet
Rutyl	Metil tiofanato	
Esclerotinia	Amistar 50 WG	Azoxystrobin
	Point benomyl 50 PM	Benomyl

* www.sag.gob.cl autorización uso de plaguicidas.

4.2.2. Maíz

El cultivo de maíz en el Valle de Azapa presentó pocas enfermedades, lo que concuerda con lo señalado por los agricultores. Los resultados de la prospección señalaron como principal problema la presencia de virus, mientras que las enfermedades radicales tuvieron relevancia secundaria, por lo cual se estima que las enfermedades no son un factor limitante para el cultivo de maíz en el Valle de Azapa. A modo de información y ante una eventual ataque de enfermedades fungosas, se muestra en el **Cuadro 2**, el listado de productos y su ingrediente activo, autorizados por SAG, para control de hongos en maíz.

Cuadro 2. Fungicidas autorizados para el control de diversas enfermedades en maíz por el SAG* (junio, 2008).

Enfermedad	Fungicida	Ingrediente activo
Roya (<i>Puccinia maydis</i>)	Alto 100 SL	Cyproconazole
Alternaria spp. Aspergillus spp, Fusarium spp, Penicillium spp, Pythium spp, Rhizoctonia spp.	Celest xl 035 FS	Fludioxonil/mefenoxam
Carbón de la inflorescencia (<i>Sphacelotheca reiliana</i>)	Atout 10	Flutriafol
Carbón de la panoja	Chambel Raxil 2% WS	Tebuconazole Tebuconazole
Carbón de la panoja o mazorca	Real 200 SC Reflex 200 FS	Triticonazole Triticonazole

* www.sag.gob.cl autorización uso de plaguicidas.

4.2.3. Pimiento

La principal enfermedad de esta especie fue Oidio causado por el hongo *Leveillula taurica* desde etapas tempranas del desarrollo del cultivo. También fue posible observar manchas foliares y tallo causado por el hongo *Alternaria*. De menor incidencia fueron los ataques de pudrición del cuello causado por *Fusarium* y *Rhizoctonia*.

En etapa de floración y fructificación fue posible determinar daños en frutos causados por los hongos *Botrytis cinerea* y *Sclerotinia sclerotiorum*. También se determinó la presencia de virosis en el cultivo y se identificó la presencia de un nuevo virus, el “Virus del mosaico peruano del tomate”, transmitido por pulgones.

Los fungicidas autorizados por el SAG para control de enfermedades en pimiento se presentan en un CD anexo.

4.2.4. Tomate

Los principales problemas que afectaron severamente la producción en esta especie fueron aquellos causados por virus. Dos nuevos agentes fueron identificados en el cultivo en la Región. Estos fueron el virus “Tomato yellow vein steak” perteneciente al grupo viral Begomovirus, transmitido por la mosquita blanca *Bemisia tabaci* y el “Virus del mosaico peruano del tomate” perteneciente al grupo Potyvirus y transmitido por pulgones. También se determinó la presencia del Virus del mosaico pepino dulce con menor incidencia. Las enfermedades causadas por hongos como Oidio, *Fulvia*, *Alternaria*, problemas radiculares causados por *Fusarium* y *Botrytis*, también tienen importancia en este cultivo. Los nematodos no presentaron gran incidencia en el cultivo a diferencia de lo señalado por los agricultores.

Los fungicidas autorizados por el SAG para el control de enfermedades en tomate, se presentan en un CD anexo.

4.3. PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN LIMPIA

Basado en la experiencia acumulada, en este capítulo se presenta los protocolos de producción limpia en formato de cuadros resúmenes con las enfermedades relevantes de cada cultivo, señalando su sintomatología en diversos órganos de la planta como también su forma de transmisión y métodos de control. Paralelamente, se detallan para cada cultivo un protocolo de manejo de enfermedades, considerando como criterio de entrada los diferentes estados fenológicos o etapas de desarrollo de un cultivo, asociadas a eventos críticos donde es necesario evaluar la pertinencia de intervenir con manejo cultural o control fitosanitario.

Los protocolos para el manejo de las principales enfermedades del poroto verde, pimiento, tomate y maíz, se presentan en un CD anexo.

4.4. IMPACTO ECONÓMICO

El manejo de los cultivos bajo un sistema de producción limpia se tradujo en una significativa disminución del número de aplicaciones con respecto al manejo tradicional del agricultor y con ello, en un menor daño al

medio ambiente, sin bajar la calidad y rendimiento de cada especie. Los protocolos propuestos de manejo por cultivo implican un conocimiento cabal de los problemas que afectan a las plantas de modo de intervenir el manejo en forma oportuna y con los métodos más adecuados y amigables con el medio ambiente y con la salud de las personas. A continuación en el **Cuadro 3**, se presenta una comparación de costos por concepto de uso de plaguicidas, entre el sistema tradicional del agricultor y la propuesta de manejo basado en criterios de producción limpia.

Cuadro 3. Comparación de costos en control de enfermedades sistema tradicional y con criterios de producción limpia.

	Pimiento		Poroto verde		Tomate	
	Agricultor	INIA	Agricultor	INIA	Agricultor	INIA
Nº aplicaciones	4	10*	7	5	12	5
Costo (\$/ha)	138.537	130.734	238.481	95.125	610.461	152.925
Rendimiento (kg/ha)	69.300	70.000	8.680	12.680	83.588	88.021
Costo control/kg	1,9	1,9	27,4	7,5	7,3	1,7

* El mayor número de aplicaciones en el manejo INIA, se debió a un control preventivo tardío de Oidio que obligó a aplicar mas veces productos curativos, situación que no es lo habitual.
Nota: en maíz dulce, no fue necesario realizar aplicaciones de fungicidas.

Del cuadro anterior, es posible observar que la propuesta INIA en cuanto a costo de aplicación por kg de producto, fue inferior en un 27 y 23% para poroto verde y tomate, respectivamente; mientras que en pimiento no se registró diferencia, aún cuando se debió enfrentar un ataque severo de Oidio.

4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado del estudio demostró que los agricultores no tienen un acabado conocimiento de todas las enfermedades que afectan los cultivos, como tampoco de los fungicidas más recomendados para el control de estos problemas patológicos.

Para realizar un control efectivo de las enfermedades bajo el concepto de “Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE)” es fundamental contar con un conocimiento real de todos los problemas patológicos que afectan a los diferentes cultivos en sus distintos estados fenológicos. Sólo así se podrá tomar las mejores alternativas de manejo. El monitoreo (sistemático y documentado) es fundamental y esencial para poder conocer la incidencia de las enfermedades en el campo y así determinar el momento más adecuado de control.

Uno de los problemas más comunes en tomate, poroto verde y pimiento fue el ataque de Oidio y problemas radiculares. Éstos, deben prevenirse y para ello debe realizarse un manejo dirigido. En el caso de las enfermedades causadas por virus (principal problema determinado en tomate), no tienen control curativo, porque los virus son parásitos obligados y se distribuyen sistémicamente en la planta. Por lo tanto, deben también prevenirse, utilizando la exclusión. Es decir, evitando el contacto con los agentes transmisores del virus llamados “vectores”, como pulgones y /o mosquitas blancas, para tomate en el Valle de Azapa, donde el uso de malla antiáfido resultó ser la mejor alternativa para evitar la presencia de virus en los cultivos. Los estudios fueron concluyentes al demostrar que, la protección de las plantas en los primeros estados de desarrollo especialmente antes de floración, mejora significativamente los rendimientos y calidad de frutos.

Finalmente, cabe señalar que la importancia de las enfermedades en los cultivos es dinámica y depende directamente de las condiciones ambientales, las variedades y los agentes causales, por lo cual cuando aparezcan nuevos problemas en los cultivos, deben analizarse en laboratorios especializados para poder controlarlos eficientemente.

A continuación se describe las principales conclusiones y recomendaciones por especie del estudio:

Maíz

Esta especie presentó pocos problemas patológicos en el Valle de Azapa. Sólo pérdida de plantas por pudrición del cuello. La desinfección de semilla es fundamental para evitar este daño a las plantas. En maíz es

imprescindible contar con semilla certificada, para disminuir al máximo los problemas por virus transmitidos en la semilla.

Poroto verde

De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede disminuir el número de aplicaciones para el control de enfermedades en este cultivo, implementando un monitoreo sistemático y documentado desde inicio del cultivo. Esto facilitará la aplicación de fungicidas más amigables con el medio ambiente.

Los principales problemas detectados son causados por hongos del suelo, que dañan las plantas durante la germinación y el Oidio que se puede presentar durante todo el cultivo. Es importante señalar que tanto la desinfección de semilla como la aplicación preventiva de azufre son la mejor forma de tener una buena población de plantas y un cultivo saludable. El control curativo del Oidio con aplicaciones de productos sistémicos al follaje, sólo debe realizarse cuando se observen signos de la enfermedad (micelio blanco sobre hojas, tallos y vainas), con niveles de 10% de incidencia.

Es importante señalar que las enfermedades causadas por virus no representan un problema para este cultivo en el Valle de Azapa, situación muy diferente a la encontrada en la zona central del país.

Pimiento

El principal problema del cultivo, fue causado por Oidio, enfermedad que debe prevenirse con aplicaciones de azufre al follaje vía líquida y con fungicidas curativos sistémicos, cuando por monitoreo se determine un 10% de incidencia de la enfermedad. Sólo se determinó el virus del Mosaico peruano del tomate que es transmitido por pulgones. No se ha encontrado a la fecha virus transmitidos por mosquitas blancas (*Bemisia tabaci*). Por lo tanto, el control de estos insectos como vectores de virus no se justifica.

Tomate

Es posible señalar que los agricultores tienen mayor conocimiento de las enfermedades del cultivo y de la efectividad de los fungicidas para

controlar, comparados con las otras especies analizadas. Sin embargo, existe desconocimiento de la importancia de los virus como causante de las principales pérdidas de rendimiento en tomate. El Virus del estriado amarillo de las venas de tomate (ToYVSV) y Virus del mosaico peruano del tomate (PToMV), fueron los de mayor presencia, causando pérdidas de hasta 90% cuando afectan desde el inicio del cultivo. El control de virus no es factible y sólo debe manejarse de modo preventivo, evitando el contacto de los vectores con las plantas desde el inicio del cultivo (almácigo). Para ello, la exclusión (barrera física) es la mejor forma de prevención, mediante malla de polipropileno y luego invernaderos con malla antiáfidos.

Otras de las enfermedades causadas por hongos presentes y de importancia fueron: Oidio, *Fulvia* y *Botrytis*, que deben prevenirse y controlarse con fungicidas apropiados de acuerdo a lo señalado en el protocolo adjunto.

PROTOCOLOS DE MANEJO DE PLAGAS BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA EN OLIVO

Germán Sepúlveda Ch.

Ing. Agrónomo Dr.

Héctor Vargas C.

Ing. Agrónomo M.Sc.

Dante Bobadilla G.

Ing. Ejecución Agrícola.

Evelyn Cajías A.

Ing. Agrónomo.

Pedro Gallo D.

Ing. Ejecución Agrícola.

INTRODUCCIÓN

En Chile la mayor parte de la superficie olivícola se destina a la producción de aceituna de mesa, principalmente de la variedad Sevillana, que junto con la Azapa, son las que obtienen mejor precio (FIA, 1999).

De acuerdo al Censo Agropecuario 2007 (**Cuadro 1**), la superficie nacional plantada es de 15.450,24 hectáreas (INE, 2007), triplicando el área cultivada con respecto al penúltimo censo agropecuario. Para el año 1999 se estimó una producción de aceitunas de unas 10.000 a 12.000 toneladas. Sin embargo, esta estimación puede ser muy fluctuante debido a que el olivo presenta una tendencia cíclica bianual por ser un frutal sujeto a fenómenos de alternancia en la producción (añerismo o vecería). Ello, acentuado por el escaso manejo agronómico y a la casi nula incorporación de tecnología que se le ha dado al cultivo, caracterizándose entonces la producción por grandes volúmenes en un año, seguido de bajos rendimientos en la siguiente temporada (FIA, 1999).

Cuadro 1. Superficie plantada de olivo por Regiones.

Región	Superficie plantada (hectáreas)
XV Región de Arica y Parinacota	1.512,61
I Región de Tarapacá	6,55
II Región de Antofagasta	11,21
III Región de Atacama	2.925,75
IV Región de Coquimbo	2.004,90
V Región de Valparaíso	1.462,75
RM Región Metropolitana	1.179,40
VI Región de O'Higgins	2.257,30
VII Región del Maule	3.346,20
VIII Región del Bío- Bío	743,70
TOTAL	15.450,24

Fuente: INE, 2007.

En la Región de Arica y Parinacota existen 1.512,61 ha de olivos, confirmando que es la especie frutícola mejor adaptada y de mayor éxito económico en Arica, durante los últimos cuatrocientos años. El proceso adaptativo de la especie a las condiciones agroecológicas locales ha dado origen a un cultivar propio, rústico, conocido como Azapa, variedad famosa por la excepcional calidad de sus frutos (Gallo *et al.* 1998), siendo Brasil el mercado más importante. Su fruto es grande, de mayor tamaño que la Sevillana cultivada en Chile, de color negra morada y con carozo alargado no aguzado. Localmente se presenta como un árbol vigoroso, registrándose producciones con frutos de menor calidad en otras localidades (FIA, 1999). Su contenido de aceite es bajo, pero puede considerarse de doble aptitud.

5.1. AUDITORIA DE LA SITUACIÓN SANITARIA, PRINCIPALES PLAGAS

La situación de plagas y enfermedades del cultivar Azapa es menos complicado que las que tiene el olivo en su lugar de origen (Gallo *et al.* 1998). Sin embargo, varias especies nativas se han adaptado al frutal transformándose en plagas de importancia (Prado *et al.* 2003). En los **Cuadros 2 y 3** se presenta un listado de plagas y enfermedades asociadas al olivo en Chile, de las cuales algunas de ellas se encuentran en niveles poco detectables.

Cuadro 2. Insectos y ácaros asociados al olivo en Chile
(Prado *et al.* 2003).

Nombre científico	Nombre común	Distribución (Región)	Importancia
<i>Praelongorthezia olivícola</i> (Beingolea)	Conchuela móvil del olivo	XV	Primaria
<i>Saissetia oleae</i> (Oliv.)	Conchuela negra del olivo	XV a X e Isla de Pascua	Primaria
<i>Saissetia coffeae</i> (Walker)	Conchuela hemisférica	XV a Metropolitana	Secundaria
<i>Aspidiotus nerii</i> Bouche	Escama blanca de la hiedra	XV, X e Isla de Pascua	Secundaria
<i>Palpita persimilis</i> Munroe	Polilla de los brotes del olivo	XV	Secundaria
<i>Cyclophora nanaria</i> Walker	Polilla de la flor del olivo	XV	Secundaria
<i>Hylesinus oleiperda</i> F.*	Escolito del olivo	IV a VII	Secundaria
<i>Solenopsis gayi</i> (Spinola)	Hormiga roja o cortadora	XV a VIII	Secundaria
<i>Abgrallaspis latastei</i> (Cock.)	Escama del canelo	III a IV	Secundaria
<i>Amphicerus cornutus</i> (Pallas)	Taladro del olivo	XV	Secundaria
<i>Chilecomadia valdiviana</i> (Phil.)	Gusano del tronco del palto	IV a XII	Secundaria
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> (Morgan)	Escama anaranjada	XV a VII e Isla de Pascua	Secundaria
<i>Dexicrates robustus</i> (Bl.)	Taladrador grande	III a IX	Secundaria
<i>Diaspidiotus ancyclus</i> Putnam	Escama blanca del acacio	XV a VII	Secundaria
<i>Frankliniella australis</i> Morgan	Trips negro de las flores	III a X	Secundaria
<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Bouché)	Trips del palto	XV a IX	Secundaria
<i>Hemiberlesia lataniae</i> (Sign.)	Escama del látano	XV a VII e Isla de Pascua	Secundaria
<i>Hemiberlesia palmae</i> (Cock.)	Escama de la palma tropical	XV	Secundaria
<i>Hemiberlesia rapax</i> (Comst.)		XV a X	Secundaria
<i>Hylesinus antipodus</i> Schedl (*)	Escolito de las ramas	IV a VI	Secundaria
<i>Pinnaspis strachani</i> (Cooley)	Piojillo blanco del olivo	XV	Secundaria
<i>Quadraspidiotus lenticularis</i>	Lindinger	III	Secundaria
<i>Micrapate Scabrata</i> (Er.)	Taladro de la vid	XV a IX	Secundaria
<i>Pollinia pollini</i> (Costa)	Cochinilla globosa del olivo	III	Secundaria
<i>Planococcus citri</i> (Risso)	Chanchito de los cítricos	XV a VIII e Isla de Pascua	Secundaria
<i>Pseudococcus longispinus</i> (Targ-Tozz.)	Chanchito blanco de cola larga	XV a IX	Secundaria
<i>Xyleborus saxeseni</i> (Ratz.)	Taladro del olivo	III a VII	Secundaria

Continuación Cuadro 2.

Nombre científico	Nombre común	Distribución (Región)	Importancia
<i>Brevipalpus chilensis</i> Barker	Falsa arañita roja de la vid	III a X	Secundaria
<i>Ditrymacus athiasella</i> Keifer	Eriófido del olivo	III a VI	Secundaria
<i>Oxyceus maxwelli</i> (Keifer)	Eriófido del olivo	III a VII	Secundaria

(*) Considerada como la especie denominada escoloto del olivo. Sin embargo, existe confusión sobre la verdadera identidad del insecto.

Cuadro 3. Principales enfermedades asociadas al olivo en Chile.

Nombre científico o causante	Nombre común
Similar a un viroide	Deformación foliar, Hoja de Hoz
<i>Spilocaea oleagina</i> (Cast.) hugo.	Repilo
<i>Verticillium dahliae</i>	Verticilosis, Peste Rayo

5.1.1. Mosquita blanca del fresno

La mosquita blanca del fresno (Hemiptera: Aleyrodidae), es una especie originaria del viejo mundo, detectada por primera vez en el continente americano en el año 1988 en California, Estados Unidos (Valencia, 2000; Arnal y Ramos, 2003; Nguyen & Hamon, 2000). El año 2004 fue detectada en la ciudad de Arica en fresno, posteriormente en granado y peral el 2005, y el año 2007 en olivos del Valle de Azapa.

Descripción y ciclo biológico

El adulto mide 1,08 mm de largo, es de color amarillo pálido, cubierto de un fino polvo blanco. Los huevos se encuentran cubiertos de cera. A diferencia de otras mosquitas blancas, se disponen en forma horizontal en vez de perpendicular a la hoja (Rebolledo, 2008). El estado ninfal presenta cuatro estadios, la ninfa I o *crawler*, recién eclosionada del huevo, es el único estadio móvil. El segundo y tercer estadio ninfal son de mayor actividad alimentaria. La ninfa IV pasa por un estado de reposo en el cual no se alimenta y su cuerpo se encuentra profusamente cubierto de secreción cerosa y algodonosa blanca (**Figura 1**). El adulto, al

momento de emerger desde la pupa (protegida en la envoltura de la ninfa IV), realiza una rasgadura en forma de T (Rebolledo, 2008).

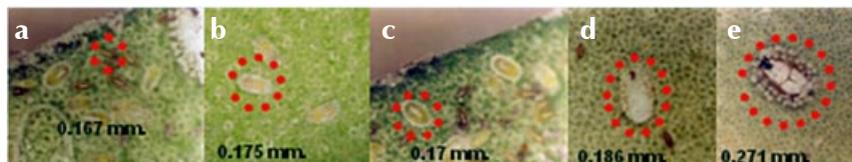


Figura 1. Estado de desarrollo de *S. phillyreae*. a) huevo, b) ninfa I, c) ninfa II, d) ninfa III, e) ninfa IV. (Fuente: Bobadilla comunicación personal).

Ciclo de vida

La mosquita blanca del fresno tiene reproducción continua durante todo el año en el Valle de Azapa. El desarrollo de una generación (huevo – ninfa IV) puede completarse entre 43 y 69 días (**Cuadro 4**). Para las condiciones climáticas de Arica, que acumula anualmente 3.309 grados-días y basado en la constante térmica de la MBF, que es de 451 grados-días, se estima que al año este insecto puede completar 7,3 generaciones. Este cálculo se confirmó con datos experimentales evaluados entre julio del 2008 y enero del 2009, en que la cantidad de grados-días acumulada fue de 3.114,8 con una constante térmica experimental de 453,1 grados-días, determinando 6,9 generaciones anuales. El alto potencial reproductivo de este aleyródido puede aumentar hasta 9,97 generaciones anuales, siempre que la región se vea afectada por el fenómeno climático "El Niño", en el cual la temperatura ambiental puede aumentar varios grados por sobre el promedio, acumulándose hasta 4.495,5 grados-días (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estimación teórica de generaciones anuales de *S. phillyreae* en años perturbados por el evento climático ENSO (El Niño Oscilación del Sur).

Año del ENSO	Desviación T° normal °C	Acumulación Térmica Año Normal	Acumulación Térmica Año ENSO	Constante Térmica	Nº de generaciones estimadas
1982-1983	4,05	3309,25 gd	4787,5	451 gd	10,6
1997-1998	3,25	3309,25 gd	4495,5	451 gd	9,97

Distribución poblacional en el Valle de Azapa

Para conocer la dinámica poblacional de esta plaga, se evaluó quincenalmente, desde agosto del año 2008 a marzo del año 2010, la frecuencia y densidad poblacional de la MBF en olivos de tres sectores del Valle de Azapa: Sector 1 (km 4,5), sector 2 (km 11,5) y sector 3 (km 24). Los resultados indican que existen diferencias significativas en el porcentaje de hojas atacadas con *S. phillyreae* entre el sector 3 con respecto a los sectores 1 y 2, que parece relacionarse fundamentalmente con: i) distintos sistemas de manejo que aplican los olivicultores en sus respectivos huertos; ii) diferentes procesos de dispersión, colonización y activa multiplicación que se observan en *S. phillyreae* a lo largo del Valle; iii) diferencias climáticas existentes en los tres sectores muestreados; y iv) diferentes grados de estrés hídrico y salino, que afectan principalmente a los sectores 1 y 2. Para el sector 1 y 2 se presenta un nivel de ataque medio con 28,2% y 28,0% de hojas atacadas respectivamente, que contrasta con la baja frecuencia observada en el sector 3, ubicado en el sector alto del Valle de Azapa, con un 0,8% de hojas infestadas. No obstante, al realizar el análisis de varianza para número de ninfas por hoja con *S. phillyreae*, no se observaron diferencias significativas a nivel de sectores ($F_c < F_{0,005}$).

La **Figura 2**, presenta la fluctuación poblacional de la mosquita blanca de los fresnos, *S. phillyreae*, en los tres sectores del Valle de Azapa por estación del año, predominando desde invierno del año 2008 en los olivares de los sectores 1 y 2. Es decir, hasta el kilómetro 11,5 del Valle de Azapa. Para el sector 3 (km 24), existe baja frecuencia de este aleyródido, con un máximo de 1,7% de hojas atacadas en primavera del año 2009. Para ese mismo año, la fluctuación poblacional de la plaga difiere de la presentada en el año 2008. Se observó que a partir del verano de ese año, la frecuencia del insecto disminuye paulatinamente en los sectores 1 y 2, hasta 4,8 y 4,6% de hojas atacadas respectivamente en la estación de verano 2010, no encontrándose presencia de *S. phillyreae*, durante otoño 2010, en los tres sectores. Esta disminución se relaciona con la aplicación de detergentes en los huertos y al establecimiento y control biológico ejercido por *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Coleoptera: Coccinellidae), predator de *S. phillyreae* (Arnal y Ramos, 2003; Nguyen & Hamon, 2000), junto a *Encarsia inaron* Walker (Hymenoptera: Encyrtidae).

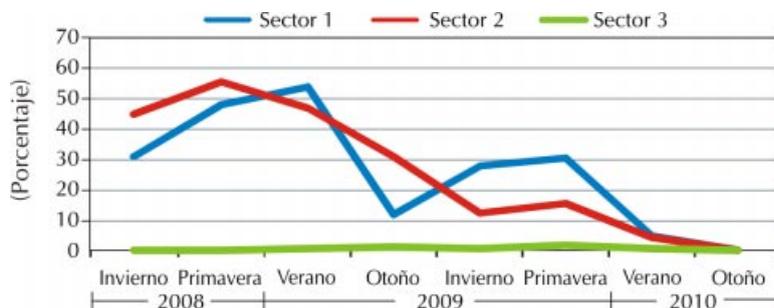


Figura 2. Evolución poblacional de *S. phillyreae* en tres sectores del Valle de Azapa.

Control biológico

El control biológico es ejercido por parasitoides como *Encarsia inaron* Walker, *E. formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) y predadores como larvas de crisópidos, hemeróbidos y *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Coleoptera: Coccinellidae), que desde el año 2008 se encuentra establecida en el Valle de Azapa. Entre ellos, *E. inaron* es el parasitoide más importante (Pickett y Pitcairn, 1999), en frutales como el granado el parasitismo alcanza el 77,4% en Arica, y 52,1% en el Valle de Azapa, mientras que en el Valle de Codpa, el parasitismo alcanza un 90,9% en hojas de peral. Sin embargo, esta microavispa registra sólo un 0,81% de parasitismo en Azapa y 2,34% en Arica, por lo que las poblaciones de MBF se encuentran prácticamente libres de su efecto regulador.

Monitoreo y control químico

Para favorecer el control biológico de la MBF y del resto de las plagas del olivo, el uso de tratamientos con insecticidas convencionales de amplio espectro de acción, está, obviamente contraindicado, porque elimina a los insectos benéficos, produciendo más daño que beneficio.

- Antes de aplicar cualquier medida para el control de la mosquita blanca del fresno, en huertos de olivo, el agricultor debe diagnosticar rápidamente la situación fitosanitaria de su propio huerto, con el fin de conocer el ataque de este insecto, y de este modo tomar las decisiones más apropiadas respecto a las acciones de control. De cada muestra de diez hojas se contabilizarán aquellas que presenten estadios ninfales de MBF.

- Promediar los valores de hoja atacada. Con este resultado el agricultor conocerá el nivel de ataque y el control que debe aplicar, de acuerdo a las siguientes recomendaciones.
 - Si el huerto tiene un grado de infestación leve (una hoja infestada de diez hojas evaluadas), se recomienda lavar con agua pura a alta presión (200 – 300 lbs por pulgada cuadrada).
 - Si el huerto tiene un grado de infestación bajo (dos hojas infestadas de diez evaluadas), es conveniente que los árboles sean lavados con detergentes (**Cuadro 5**).
 - Si el huerto tiene un grado de infestación medio (cuatro hojas infestadas de diez evaluadas), se debe lavar los árboles con detergente y luego aplicar un tratamiento selectivo con aceite mineral o azadirachtina (**Cuadro 6**).

Cuadro 5. Detergentes que han tenido buenos resultados en el control de *S. phillyreae**.

Producto	Dosis	Litros de la mezcla/árbol (árboles jóvenes)	Litros de la mezcla/árbol (árboles adultos)
TEC-500	500 cc/ 1000 L de agua	50-100	100-150
Shure Clean	500 cc/ 1000 L de agua	50-100	100-150

* Los productos están ordenados según su eficacia, de esta manera TEC-500 es el que ha mostrado mejores resultados. Datos comprobados en olivares Buneder.

Cuadro 6. Insecticidas recomendados para el control de *S. phillyreae*.

Producto	Ingrediente	Dosis por 1000 L de agua	Litros de la mezcla/árbol (árboles jóvenes)	Litros de la mezcla/árbol (árboles adultos)
Applaud®25 WP	Buprofezin	1200 gr	10-20	20-30
Actara®25 WG	Thiametoxan	300 gr	10-20	20-30
Admiral® 10 EC	Piriproxyfen	1 L	10-20	20-30
Citroliv® emulsible	Aceite mineral	10 L	10-20	20-30
*Neem-X®	Azadirachtina	2,5 L	10-20	20-30

* Insecticida a base de extracto vegetal

- Si el huerto tiene un grado de infestación alto (sobre cuatro hojas infestadas de diez evaluadas), además de un lavado con detergente, se debe aplicar un tratamiento selectivo, ya sea sistémico o un regulador de crecimiento.

A continuación, se presenta una planilla para el registro de hojas atacadas con mosquita blanca del fresno en olivo.

Ejemplo: Evaluación de Mosquita blanca del fresno en olivo.

Nombre del Predio		
Sector muestreado		
Fecha		
Nº de árbol	Nº total de hojas	Nº de hojas con mosquita blanca del fresno
1	10	
2	10	
3	10	
4	10	
5	10	
6	10	
7	10	
8	10	
9	10	
10	10	
Promedio		= $\frac{\text{Suma de Nº de hojas atacadas}}{10}$
Porcentaje de Daño		= $\frac{\text{Promedio de hojas atacadas} * 100}{\text{Nº total de hojas}}$
<p>Nivel de Infestación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infestación leve: De 1 a 10% de hojas infestadas • Infestación bajo: De 11 a 20% de hojas atacadas • Infestación medio: De 21 a 40% de hojas infestadas • Infestación alto: Sobre el 40% de hojas atacadas 		

5.1.2. Conchuela Móvil del Olivo

La conchuela móvil del olivo, es un insecto Hemíptero, endémico de los Valles del desierto del sur del Perú y extremo norte de Chile. Desde su detección en el Valle de Azapa, a comienzos de la década de los 70, ha presentado un significativo aumento poblacional, constituyéndose en plaga primaria y persistente en olivares y en menor grado en alfalfa y algunas plantas silvestres (Vargas *et al.* 1999).

Descripción y ciclo biológico

Los huevos se incuban y protegen dentro del ovisaco de la hembra ovípariente (**Figura 3**), de donde eclosa una ninfa o crawler de 0,4 a 0,5 mm, completamente desnuda, de color amarillo verdoso muy brillante, con patas y antenas traslúcidas. Los estadios II y III tienen patas más oscuras y placas cerosas blancas que cubren el dorso y costados del cuerpo. La hembra ovípariente mide 1,5 mm y secreta sobre el cuerpo una cera con apariencia de canales, produciendo un ovisaco de color blanco, de 5 a 10 mm longitud. Las láminas y placas, que conforman este saco ovífero, permiten reducir la mortalidad embrionaria causada por factores físicos y bióticos (enemigos naturales) y resistir la eventual acción de insecticidas. El macho es desconocido para *P. olivicola*, en donde la reproducción es por partenogénesis (Vargas y Bobadilla, 2000).



Figura 3. Ciclo de vida de *P. olivicola*.

En esta especie todos los individuos son hembras capaces de poner huevos fértiles sin la intervención del macho. La incubación demora entre dos a tres semanas, dependiendo de la temperatura. Cada hembra pone en promedio unas 90 ninfas llamadas “crawlers”. Estas ninfas de primer estadio abandonan el ovisaco y comienzan a alimentarse muy cerca de la madre. El insecto pasa por cuatro estadios ninfales completando el ciclo de vida en 65 días en verano. En cambio, en invierno, se alarga a más de 100 días, con tres a cuatro generaciones traslapadas en el año (Vargas y Bobadilla, 2000).

Distribución poblacional en el Valle de Azapa

La distribución de este insecto-plaga es de tipo contagioso, formando colonias o focos inicialmente aislados dentro de un huerto o sector. Incluso dentro de un mismo árbol, normalmente en las ramas mejor protegidas del viento y de la radiación solar. El **Cuadro 7** presenta los niveles de hojas atacadas por la plaga en los diferentes sectores.

Cuadro 7. Distribución y abundancia de *P. olivicola* en tres sectores del Valle de Azapa.

Sector	Total de ninfas y hembras oviponentes de <i>P. olivícola</i>	Número de hojas atacadas (n= 4200 hojas evaluadas por sector)	Promedio de ninfas/hoja atacada	% de hojas atacadas
1	11	7	1,57	0,17 b
2	1.669	227	7,35	5,4 a
3	32	7	4,57	0,17 b

Valores unidos por letras comunes no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey (P < 0,01).

Control biológico

El único entomófago detectado en la región corresponde a *Rhinoleucophenga* sp. (Dip.: Drosophilidae) (**Figura 4a**), cuya larva comienza predando huevos en el ovisaco de *P. olivicola* (**Figura 4b**) y termina comportándose como endoparásito al ingresar al cuerpo de la hembra, devorar su contenido y posteriormente pupar dentro de ésta (**Figura 4c**). No obstante, su eficacia como enemigo natural es reducida y alcanza un nivel de parasitismo que varía entre menos de 10 y

37% (promedio de 22,8%). A su vez, la acción de otros predadores generalistas es también limitada, como *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y *Scymnus* sp. (Col.: Coccinellidae) (Figura 4d) (Bobadilla et al. 1999).



Figura 4. a) Adulto de *Rhinoleucophenga* sp., b) Larva de *Rhinoleucophenga* sp., c) Pupario de *Rhinoleucophenga* sp. en exoesqueleto de *P. olivicola*, d) *Scymnus* sp.

Monitoreo y control químico

P. olivicola es una especie extraordinariamente bien adaptada para resistir condiciones adversas, convirtiéndose en una plaga de difícil control debido a cuatro razones: i) presencia de ceras que cubren el cuerpo de esta conchuela, ii) saco ovífero protegido mediante placas cerosas impermeables, iii) reproducción partenogenética en etapa juvenil, que facilita y acelera el crecimiento poblacional, iv) inexistencia de enemigos naturales específicos. Además, el uso indiscriminado de insecticidas de amplio espectro, que han contribuido al desarrollo de resistencia de la conchuela móvil, provocando su rebrote y el de otras plagas, como conchuelas negra y café (*Saissetia* spp) y escamas blancas (*Aspidiotus* y *Hemiberlesia* spp), normalmente muy bien controladas por sus enemigos naturales. Se debe aplicar control químico selectivo sobre aquellos árboles que presenten focos de *P. olivicola* en escala de daño A a D, es decir, de un 25 a 100%, recomendándose el uso de productos de baja toxicidad, tales como: detergentes agrícolas, aceites minerales, y productos como buprofezin, thiametoxam, azadirachtina.

Recomendaciones Complementarias

- Durante la aplicación se debe lograr buen cubrimiento, llegando a todas las partes del árbol y depositando el producto en toda la superficie de hojas, ramillas, ramas y tronco. No se debe pulverizar con viento.

- Suspender la aplicación de insecticidas durante el período de floración y cuajado de los frutos, con el fin de no afectar la polinización y el “amarre” de estos últimos.
- Calibrar el equipo de pulverización y regular las boquillas.
- Emplear boquillas de gota fina, con el fin de asegurar cubrimiento o mojadura uniforme de las hojas, reduciendo pérdida de insecticida por goteo desde el follaje hacia el suelo.
- Para optimizar la acción de los insecticidas, conviene acidificar el agua agregando un corrector de pH (ej. Indicate®, LI 700®, ácido cítrico o ácido acético, hasta alcanzar un valor de pH 6,5 aproximadamente).
- Después de realizada la aplicación, se debe evaluar la eficacia del control, no excediendo un plazo de 15 días, contados de la fecha de aplicación.

Evaluación de Conchuela móvil del olivo

Nombre del Predio	
Fecha	
Nº de árbol	Porcentaje de daño (%)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
N	
Estimación de daño:	
S = Árbol sano	I = Inicio de ataque, menor a 25%
A = 25% del árbol afectado	B = 50% del árbol afectado
C = 75% del árbol afectado	D = 100% del árbol afectado
Observación: Aplicar control químico en todos los árboles que presenten focos en escala de daño A a D, es decir, de un 25-100%.	

5.1.3. Nematodo de los Cítricos

Existen registros del nematodo de los cítricos, *Tylenchulus semipenetrans* en USA, Australia, Malta, Israel, España y América del Sur. También se ha detectado en las principales zonas productoras de cítricos del mundo. En el Valle de Azapa está asociado al cultivo del olivo.

Ciclo biológico

Presenta un ciclo de vida constituido por un estado de huevo, cuatro estados juveniles y un estado adulto, con machos y hembras bien diferenciados. La eclosión de los huevos ocurre cuando las condiciones ambientales de temperatura, humedad y aireación son adecuadas. El segundo estado juvenil hembra se encuentra libre en el suelo y corresponde al estado infectivo, y que busca nuevos puntos de la raíz para establecerse. La larva de segundo estado (J2), pierde la facultad de movilizarse. La hembra adulta es un semiendoparásito sedentario, más pequeño que otros parásitos sedentarios.

Distribución poblacional en el Valle de Azapa

Para estimar la Densidad Relativa (DR), se hizo 21 muestreos entre los meses de agosto del 2008 hasta mayo del año 2010, en tres sectores del Valle: Sector 1, ubicado en el km 4; sector 2, ubicado en el km 12 y sector 3, ubicado en el km 24. Las muestras de suelo fueron homogeneizadas y, posteriormente, procesadas utilizando el método de "Tamizado (250 g de suelo) y Embudo Baermann". Respecto a la nematofauna asociada al sector 1, la especie predominante correspondió a *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. con una abundancia de 16,7-100% (Figura 5). El sector 2, presentó alto porcentaje de *T. semipenetrans* Cobb., cuyos valores fluctuaron entre 40-88,9%. Destacó la abundancia de dos géneros de nematodos no parásitos: *Alaimus* sp. y *Rhabditis* sp. El sector alto del Valle de Azapa (sector 3) presentó mayor diversidad de géneros en su nematofauna; la especie fitoparásita más abundante correspondió al nematodo fitoparásito *Diphtherophora* sp. con una DR máxima de 62%, seguida de *T. semipenetrans* con un máximo de 44,3%. Destacó la presencia de un nematodo predator, *Mononchus* sp., con abundancia de 2 a 21,7%. Se determinó, además, la presencia del género fitoparásito *Meloidogyne* sp., alcanzando en el sector 3 una DR de 19%.

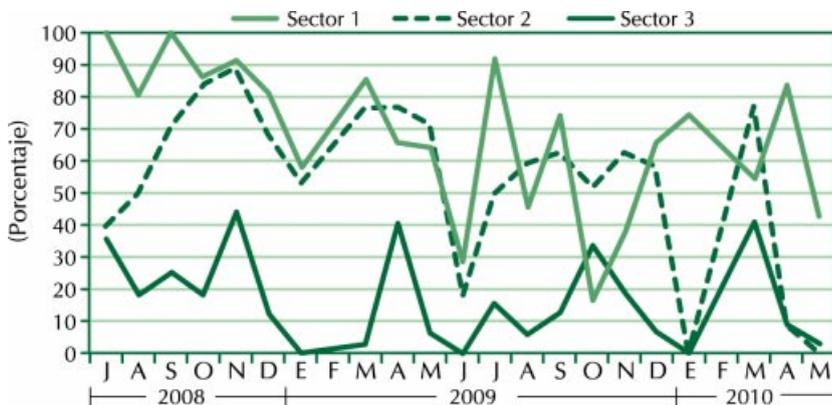


Figura 5. Densidad relativa de *T. semipenetrans* asociado al olivo en tres sectores del Valle de Azapa.

5.1.4. Verticilosis o “Peste Rayo”

Verticillium dahliae es un hongo del suelo que afecta las raíces provocando una enfermedad vascular conocida como ‘Verticilosis o Peste Rayo’ (Riveros y Tapia, 2002). La extensión de esta enfermedad se puede deber, entre otros factores, al establecimiento de plantaciones en suelos infectados y/o al uso de material infectado.

Ciclo biológico

V. dahliae puede sobrevivir durante muchos años (10 años o más) en el suelo en forma de diminutas estructuras llamadas microesclerocios, que incluso, pueden formarse en las raíces finas de muchas especies de plantas resistentes sin causar síntomas (Gómez, 2001). Una vez establecido en un campo, la propagación de *V. dahliae* se produce principalmente por el movimiento del suelo o el agua (Gómez, 2001), aunque también se puede relacionar con suelos húmedos e infestados, exceso de fertilización nitrogenada, lesiones o heridas radicales provocadas por implementos para laborear el suelo (Riveros y Tapia, 2002).

Distribución en el Valle de Azapa

Se observó que los olivos de los tres sectores presentaron buen estado, a excepción de una muestra con síntomas de *V. dahliae*.

5.2. PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN LIMPIA PARA OLIVO

5.2.1. Protocolo para insectos-plagas

5.2.1.1. Mosquita blanca del fresno (*Siphoninus phillyreae* (Haliday)).

Antes de aplicar cualquier medida para el control de la mosquita blanca del fresno, en huertos de olivo, el agricultor deberá hacer un diagnóstico rápido de la situación fitosanitaria de su propio huerto, con el fin de conocer el ataque de este insecto, y de este modo tomar las decisiones más apropiadas respecto a las acciones de control. Para ello, el agricultor cada dos semanas deberá:

- Extraer una muestra de 10 hojas por árbol al azar, para un total de 10-15 árboles de su predio.
- De cada muestra se contabilizarán aquellas hojas que presenten estadios ninfales de MBF. Ejemplo: 2 hojas atacadas de 10 evaluadas, anotando los datos en una planilla.
- Promediar los valores de hoja atacada. Con este resultado el agricultor conocerá el nivel de ataque y el control que debe aplicar, de acuerdo a las siguientes recomendaciones (**Cuadro 8**):

5.2.1.2. Conchuela móvil del olivo (*Orthezia olivicola* (Beingolea))

- La persistencia de la conchuela móvil del olivo se debe vigilar periódicamente. El agricultor deberá numerar todos los árboles de su huerto y anotar en una planilla el porcentaje de focos presentes en cada árbol.

De acuerdo al diagnóstico, el control químico (**Cuadro 9**), que se realice debe contemplar la aplicación de productos selectivos sobre aquellos árboles que presenten focos de esta plaga, recomendándose los siguientes ingredientes activos:

Cuadro 8. Estrategias de control recomendadas para el manejo de la mosquita blanca del fresno en el Valle de Azapa.

Evaluación del huerto	Recomendación
Grado de infestación leve (1 hoja infestada de 10 hojas evaluadas, equivalente a un 1-10%)	Lavado con agua pura a alta presión (200 - 300 lbs por pulgada cuadrada).
Grado de infestación bajo (2 hojas infestadas de 10 evaluadas, equivalente a un 11-20%)	<p>Lavar con detergente: Benceno sulfonato de sodio (ShureClean Plus®) 50 cc. Humectante - adherente 25 cc Agua 100 L.</p> <p>Sales de aceites vegetales y materia orgánica. (Kabon ®) 0,5 L Agua: 100 L.</p>
Grado de infestación medio (hasta 4 hojas infestadas de 10 evaluadas, equivalente a un 21-40%)	<p>Lavar con detergente. Tratamiento selectivo con aceite mineral, azadirachtina u otro insecticida biorracional.</p> <p>Azadirachtina (Neem-X ®) 300 cc Humectante - adherente 25 cc Agua: 100 L.</p> <p>Extracto de Quillay (QL Agri 35 ®) 100 cc, Agua: 100 L.</p>
Grado de infestación alto (Sobre 4 hojas infestadas de 10 evaluadas, equivalente a 40-100%). Además de lavado con detergente, se debe aplicar tratamiento selectivo, ya sea sistémico o regulador de crecimiento.	<p>Buprofezin (Applaud ® 25 WP) 100 g Humectante - adherente 25 cc Agua: 100 L.</p> <p>Pymetrozine (Chess ® 50 WG) 40-60 g Humectante - adherente 25 cc Agua: 100 L.</p> <p>Piriproxifen (Admiral 10 EC ®) 100 cc Humectante - adherente 25 cc Agua: 100 L.</p>

Cuadro 9. Estrategias de control químico recomendadas para el manejo de la conchuela móvil del olivo en el Valle de Azapa.

Tratamiento	Dosis	Tratamiento	Dosis
Sales de aceites vegetales y materia orgánica (Kabon®)	0,5 L	Benceno sulfonato de sodio (ShureClean Plus®)	50 cc
Agua	100 L	Humectante - adherente	25 cc
		Agua	100 L
Biococcidin®	2 L	Azadirachtina (Neem-X®)	300 cc
Agua	100 L	Humectante - adherente	25 cc
		Agua	100 L
Buprofezin (Applaud® 25 WP)	80-120 g	Bionim®	600 cc
Humectante - adherente	25 cc	Humectante - adherente	25 cc
Agua	100 L	Agua	100 L
Thiametoxam (Actara® WG)	40 g		
Humectante - adherente	25 cc		
Agua	100 L		

5.2.2. Protocolo para enfermedades

5.2.2.1. Verticilosis (*Verticillium dahliae*)

Los tratamientos químicos no han sido exitosos para el control de *Verticillium dahliae*. En función de esto, la enfermedad se debe prevenir mediante el Manejo Integrado de factores agronómicos y culturales:

- Evitar establecer nuevos huertos en suelos cultivados recientemente con Solanáceas o Cucurbitáceas.
- Utilizar plantas de buena calidad sanitaria.
- No cultivar las entre hileras de los huertos de olivo.
- Usar materia orgánica en el suelo.
- Reducir o evitar el uso de cultivadores de disco o de herramientas que puedan provocar heridas al sistema radical de las plantas.
- Cortar y podar ramas enfermas, para estimular nuevos puntos de crecimiento y eliminar restos de poda inmediatamente. Desinfectar herramientas con solución de hipoclorito de sodio al 10%.

5.2.3. Protocolo para nematodos

El agricultor podrá identificar uno de los síntomas típicos de los árboles infectados por este nematodo por la falta de vigor y caída de hojas en ramillas terminales. Debido a que los nematodos no se observan a simple vista, se requiere que el árbol afectado sea marcado para su posterior análisis nematológico. A continuación, se presenta algunos productos que pueden ser utilizados en el control del nematodo de los cítricos bajo sistema de producción limpia.

- Ditera®. Nematicida biológico que contiene 27,5% sólidos y solubles secos de la fermentación del hongo *Myrothecium verrucaria*, cepa AARC-0255 y 75% de ingredientes inertes. Para olivo se deben efectuar cinco aplicaciones cada nueve días con una dosis de 0,3 g/L de agua.
- Neem-X®. Insecticida/nematicida de origen botánico, compuesto por Azadirachtina 0,40% P/V e ingredientes inertes 99,60% P/V. Posee acción sistémica. Es decir, puede ser absorbido por las raíces y el follaje de la planta y trasladado apicalmente. Para olivo se debe efectuar cinco aplicaciones cada nueve días con una dosis de 2 mL/L de agua.
- Robust®. Es un producto bioestimulante a base de aminoácidos derivados de extractos de fermentación de plantas, utilizado para aumentar la resistencia rizosférica y el antagonismo a la invasión de organismos.
- Intercept®. Es un concentrado microbiológico natural que mejora la salud y el vigor de las plantas a través de una simbiosis con sus raíces. Puede aplicarse en suspensión acuosa a través del sistema de riego, con una dosis de 0,5 L/380 L de agua.
- Aplicación de Guano y/o Compost. Para olivo se debe incorporar al suelo cuatro sacos de guano y/o compost por árbol (200 kg/árbol).
- Extracto de Quillay (QL Agri 35®): Es un nematicida orgánico, especialmente indicado para el control de nematodos como *Meloidogyne incognita* y *Tylenchulus semipenetrans*. Aplicar 25-30 L/ha diluyendo en agua en una concentración mínima de 5000 ppm.

5.3. IMPACTO ECONÓMICO

Las plagas a través de sus distintas manifestaciones repercuten económicamente en los cultivos. Es así, que el daño que producen las ninfas y adultos de las plagas del olivo producen pérdidas directas al succionar la savia de las hojas, llegando incluso a cubrir toda la superficie de éstas (Valencia, 2000). Las plantas atacadas pueden mostrar defoliación severa, abundante secreción de mielecilla y formación de fumagina, y frutos pequeños; como consecuencia el rendimiento se reduce considerablemente (Valencia, 2000; Arnal y Ramos, 2003; Gillespie, 2000; Nguyen & Hamon, 2000). La conchuela móvil del olivo, *P. olivicola* es un insecto que produce un daño directo al reducir el nivel de nutrientes del árbol.

Como se alimenta del floema, el exceso de azúcares es eliminado en forma de mielecilla, que favorece el desarrollo de hongos saprófitos sobre hojas, ennegreciendo al árbol y afectando la captación de energía solar e intercambio gaseoso. Los nematodos, en olivos y cítricos se manifiestan por la pérdida de las hojas superiores, originando lo que se denomina “escoba de bruja”. *T. semipenetrans* no produce síntomas muy notorios en la raíces, no hay deformaciones importantes o nodulaciones, fuera de observarse una masa radical de menor crecimiento.

En ataques masivos, la masa gelatinosa rodea la raíz, lo cual a su vez provoca una fuerte adherencia de las partículas de suelo, dándoles el aspecto de un diámetro mayor y una apariencia bastante más sucia de lo normal. Para *V. dahliae* los síntomas característicos son el decaimiento lento, generalmente acompañado de necrosis en las inflorescencias, presencia de hojas color verde mate en brotes afectados, ramillas defoliadas y hojas secas (Riveros y Tapia, 2002). A menudo, los daños causados por *V. dahliae* a las plantas son más graves en los campos infestados con el nematodo de las lesiones, *Pratylenchus penetrans*. Este nematodo altera la fisiología del hospedante, por lo que la planta se encuentra más susceptible al daño del hongo (Gómez, 2001).

5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar que no se han determinado umbrales económicos, para las plagas que afectan al olivo, siempre es posible definir el momento más oportuno para aplicar medidas de control. Las recomendaciones permiten orientar a los olivicultores respecto al manejo de las plagas, enfermedades y nematodos importantes a controlar, detectados en los monitoreos, conforme a las estrategias de control, que incluyen conceptos modernos, como el uso de ingredientes activos de bajo impacto ambiental y eficientes en el control de plagas.

La creciente demanda por productos alimentarios inocuos obliga a establecer con urgencia estrategias productivas sustentables. Tal sustentabilidad debe tener bases en los sistemas de monitoreo continuo de las poblaciones de insectos plaga, nematodos fitoparásitos y microorganismos causantes de enfermedades en las plantas. El sistema productivo del Valle de Azapa está avanzando hacia el establecimiento de programas de detección, cuantificación y control de plagas eficiente, efectivo y coherente, conforme los requerimientos de la sociedad.

Generar producción limpia es posible y mientras productores, entes públicos y agentes de investigación desarrollen sus tareas en forma coordinada y complementaria, se podrá asegurar en el corto plazo un ambiente sano y productivo proyectado hacia el futuro, sin contaminación y constituyéndose en un capital para las futuras generaciones.

5.5. BIBLIOGRAFÍA

- Arnal, E. y Ramos, F. 2003.** La mosca blanca del granado. [En línea]. Junio 2000. [Consulta: 29 Julio de 2010]. Disponible en la World Wide Web: http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd67/texto/earnal.htm
- Bobadilla, D.; Vargas, H.; Jiménez, M.; Gallo P.; Sepúlveda, G.; Mendoza, R. 1999.** Enemigos naturales de las conchuelas móviles, *Orthezia* spp (Homoptera: Ortheziidae), detectados en el Norte de Chile. *IDESIA* (Chile) 16:117-123.
- FIA. 1999.** El Cultivo del Olivo: Diagnóstico y perspectivas. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 100 p.
- Gallo, P.; Vargas, H.; Jiménez, M.; Bobadilla, D.; Sepúlveda, G. 1998.** Manejo Integrado de Plagas en Olivos. Chile Agrícola. Septiembre. 180-181 p.
- Gillespie, P. 2000.** A new whitefly for NSW – The Ash Whitefly. [En línea]. Octubre 2000. [Consulta: 29 Julio de 2010]. Disponible en la World Wide Web: <http://www.agric.nsw.gov.au/Hort/ascu/insects/ashwf.htm#top>
- Gómez, L. 2001.** *Verticillium dahliae*. [En línea]. [Consulta: 29 Octubre de 2010]. Disponible en la World Wide Web: <http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Verticillium/Vertifin.htm>
- INE. 2007.** Superficie con frutales en plantación compacta o industrial y huertos caseros en formación y producción, según región y especie. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. [En línea]. Septiembre 2007 [Consulta: 02 de Septiembre de 2008]. Disponible en la World Wide Web: http://www.censoagropecuario.cl/noticias/08/6/xls/2007/10_rev.xls
- Nguyen, R. y A. Hamon. 2000.** Ash Whitefly, *Siphoninus phillyreae* (Haliday) (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae: Aleyrodinae). [En línea]. Agosto 2000. [Consulta: 29 Julio de 2010]. Disponible en la World Wide Web: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN30400.pdf>
- Pickett, C.H. y M. J. Pitcairn. 1999.** Classical biological control of ash whitefly: factors contributing to its success in California. *BioControl* 44: 143–158.
- Prado, E.; P. Larraín; H. Vargas; D. Bobadilla. 2003.** Plagas del olivo, sus enemigos naturales y manejo. INIA, CRI La Platina, Santiago, Chile. 74p.
- Rebolledo, C. 2008.** Biología de *Siphoninus phillyreae* (Haliday) (Hemiptera: Aleyrodidae) en condiciones ambientales del Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota. Tesis de Ing. Agrónomo, Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

- Riveros, F. y Tapia, F. 2002.** Enfermedades del Olivo: Verticilosis o Peste Rayo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. (En línea). (Consulta: 12 Octubre de 2008). Disponible en la World Wide Web: <http://www.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/informativos/Informativo-09.pdf>
- Valencia V., L. 2000.** La mosca blanca en la Agricultura Peruana. Lima, Perú. 133 p.
- Vargas, H.; Bobadilla, D.; Gallo P.; Sepúlveda, G.; Mendoza, R. 1999.** Observaciones sobre la distribución, abundancia e impacto económico de las conchuelas móviles, *Orthezia* spp. (Homoptera: Ortheziidae), en el extremo Norte de Chile. IDESIA (Chile) 16:125-135.
- Vargas, H. y D. Bobadilla. 2000.** Biología y control de la conchuela móvil del olivo, *Orthezia olivicola* Beingolea. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá. Herco Editores, Arica-Chile. 19 p.

DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN EN EL USO DE FERTILIZANTES PARA LA NUTRICIÓN DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL VALLE DE AZAPA, BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA

Francisco Tapia F.

Ing. Agrónomo, M.Sc.

Francisco Tapia C.

Ing. Civil Industrial

Rafael Ruiz Sch.

Ing. Agrónomo, Ph.D.

INTRODUCCIÓN

El importante desarrollo que tiene la horticultura en el Valle de Azapa, en la Región de Arica y Parinacota, con sus cerca de 3.000 ha cultivadas, la ha llevado a constituirse en el principal centro abastecedor de hortalizas de consumo fresco para la zona central del país, durante los meses de invierno, dada sus excelentes condiciones climáticas, que posibilita cultivar durante todo el año especies como maíz dulce, pimiento, poroto verde y tomate. Esta agricultura intensiva impone un gran desafío para los agricultores, mantener la productividad de sus cultivos sobre la base de un uso creciente de insumos agrícolas, predominando entre éstos, los plaguicidas y fertilizantes. Entre éstos últimos, debido a las altas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos, se evidencia un incremento sustancial en los costos de producción y sobre todo, en la contaminación del recurso agua, tanto a nivel de los cursos superficiales, como napas subterráneas, en niveles que pueden ser riesgosos para la salud humana y animal.

La necesidad de racionalizar los costos de producción, en una economía cada vez más competitiva y de evitar la contaminación de los agrosistemas ha obligado a los países desarrollados a promulgar normas para el control en el uso de agroquímicos. En este sentido, Chile cuenta con una política ambiental que revela el compromiso por mejorar su posición ambiental ante la comunidad internacional, en donde se han establecido progresivamente normativas y exigencias destinadas a aplicar una producción limpia en toda la cadena de producción. Por ello, surge el concepto de producción limpia, ya que resulta fundamental, asegurar la salud de los trabajadores agrícolas, y de los consumidores, así como el desarrollo de una agricultura tecnificada, pero “amistosa” con el medio ambiente.

6.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La aplicación indiscriminada de nitratos, debido a su alta movilidad en el perfil de suelo, rápidamente puede alcanzar las napas freáticas subsuperficiales y profundas, provocando la contaminación de los acuíferos, comprometiendo la calidad de las aguas que bebe la población. En este sentido, estudios de INIA (2009), en el Valle de Azapa, señalan que el 40% de las muestras de agua ubicadas entre 1 y 25 m de profundidad presentan niveles superiores a 45 mg L^{-1} de nitratos, superior a la norma para agua de bebida (MINSAL, 2001). En tanto, en pozos donde el agua se ubica a profundidades superiores a 25m de profundidad, aproximadamente el 25% de las muestras superan los 45 mg L^{-1} de nitratos.

Dionizis, 2009, reporta que entre el 86,7% y el 100% de los productores de maíz dulce y tomate, del Valle de Azapa, respectivamente, no realizan análisis de suelo. Por tanto, si desconocen su contenido de nutrientes, difícilmente podrán elaborar un programa basado en los verdaderos requerimientos de sus cultivos. Por ello, se requiere contar con una herramienta que permita a los productores del Valle de Azapa, elaborar sus programas de fertilización sobre la base de un balance nutricional, para los tres principales nutrientes (N, P y K), y que además puedan optimizar sus costos, seleccionando aquellos fertilizantes comerciales que presenten un menor costo por cada unidad de nutriente.

6.2. IMPACTO DE LOS FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN LIMPIA

Los fertilizantes, son usados para suplementar los nutrientes que el suelo no puede aportar a los cultivos, en la cantidad requerida o en el momento oportuno. Sin embargo, un uso desmedido de estos agroquímicos, puede causar impactos ambientales negativos sobre el suelo, el agua y la salud de los habitantes rurales y consumidores.

6.2.1. Efectos de Excesos de Nitrógeno

La mayor proporción de fertilizantes corresponde a los nitrogenados y justamente su uso inadecuado es el principal responsable de contaminación en aguas subterráneas. En esencia, la lixiviación es un proceso simple: los nitratos no absorbidos por las plantas migran disueltos en el agua que percola a través del perfil del suelo, y se incorporan a las aguas subterráneas. Las concentraciones elevadas de nitratos en las aguas de bebida afectan al ser humano y a los animales domésticos.

Los nitratos se transforman en nitritos por la flora bacteriana del estómago, que al combinarse con las proteínas del cuerpo forman la nitrosamina, que es uno de los mecanismos atribuidos a la generación de cáncer (Wasiliew, 2003). También se ha podido comprobar que existe una correlación directa entre el consumo de alimentos o aguas con exceso de nitratos y los cánceres gástricos (Centro Rural de Información Técnica, España, 2002). El experto en toxicología de la Universidad de Chile, Andrei Tchernitchin, reconoce que la ingestión de este elemento a lo largo del tiempo, produce cáncer al estómago e indica que después de Japón, Chile es el país con más altos índices de cáncer gástrico en el mundo.

6.2.2. Efectos de Excesos de Fósforo

El incremento de la concentración de fósforo en las aguas superficiales aumenta el crecimiento de organismos dependientes del fósforo, como son las algas. Estos organismos usan grandes cantidades de oxígeno y previenen que los rayos de sol entren en el agua. Esto hace que el agua

sea poco adecuada para la vida de otros organismos. El fenómeno es comúnmente conocido como eutrofización. En seres humanos, un consumo excesivo de fosfatos, puede causar problemas de salud, como es daño a los riñones y osteoporosis.

6.2.3. Efectos de Excesos de Potasio

El potasio juega un importante papel en los sistemas de los fluidos físicos en humanos y asiste en las funciones del sistema nervioso. Cuando nuestros riñones no funcionan bien se puede dar la acumulación de potasio. Esto puede originar una perturbación en el ritmo cardíaco.

6.3. FERTILIZACIÓN SOBRE LA BASE DE UN BALANCE NUTRICIONAL

Para hacer un buen uso de los fertilizantes, se deben integrar conceptos tales como: aportes del suelo, rendimientos esperados, demanda nutricional de los cultivos, época de aplicación, efectos sobre el suelo, solubilidad y costos. De esta manera, la cantidad de fertilizantes a aplicar debe estar basada en un balance nutricional. Es muy importante saber qué tipo y que cantidad de fertilizantes es necesario utilizar, pues, un exceso de éstos puede tener efectos negativos en la planta, el suelo, la salud humana y animal, y en los costos de producción, entre otros.

El desarrollo de esta herramienta computacional que permite elaborar el programa de fertilización de maíz dulce, poroto verde, pimiento, tomate y olivo, en base a un “balance nutricional”, se inició con una encuesta realizada a aproximadamente el 10% de los productores de cada especie indicada. Esta encuesta tenía por finalidad caracterizar el uso de fertilizantes en cada uno de los cultivos de este estudio, considerando las fuentes de fertilizantes usadas; dosis empleadas de cada fertilizante (N, P y K); ciclo del cultivo (número de días de siembra a cosecha) y rendimiento en kg/ha. Posteriormente, a partir de revisión de bibliografía, se determinó la extracción de cada cultivo en función del rendimiento y las curvas de extracción de cada nutriente, en función del tiempo o ciclo del cultivo.

Con los datos recolectados, se desarrolló un modelo, a partir de la disponibilidad de nutrientes, N, P y K en el suelo, requerimientos del cultivo de acuerdo a su nivel de rendimiento y demanda en el tiempo y el contenido de nutrientes desde los fertilizantes, así como la eficiencia en la entrega de cada elemento. Además, se optimizó para la selección de las fuentes fertilizantes que presenten un menor costo de cada unidad de nutriente. Una vez construido el modelo, se elaboró un software de fácil manejo para los usuarios, que se constituye en una herramienta para programar en base a un balance nutricional la fertilización de N, P y K, requerida por cada cultivo.

Por último, se validó el modelo, comparando la fertilización realizada por los productores con la recomendación del software, en términos de las dosis, fuentes fertilizantes y costos del programa de fertilización.

6.4. DESARROLLO DE UN MODELO DE FERTILIZACIÓN SOBRE LA BASE DE UN BALANCE NUTRICIONAL

Este modelo se desarrolló en Microsoft Visual Studio, y fue escrito en lenguaje Visual Basic. La interfaz del software será mediante formularios, que deberán ser completados con los datos de entrada requeridos del cultivo, facilitando así recorrer los distintos campos de entrada de éste.

Permite entregar los resultados del programa de fertilización por superficie total, por hectárea o por cuartel (según indique el productor en el formulario de ingreso de datos del software). Además, mostrará mensajes de error cuando los datos sean inconsistentes, por ejemplo, si el productor no ingresó un análisis de suelo, para así informar al usuario y corregir la entrada de datos. Mediante el software el usuario podrá generar un reporte de los resultados entregados, el cuál puede ser imprimible, y/o exportable a otros formatos comúnmente usados en la actualidad (PDF, XLS, DOC, entre otros). El software utiliza Microsoft Office Excel para realizar los cálculos de requerimientos de N, P y K, además de la herramienta Solver de éste, para efectuar la optimización semanal. Por lo tanto, dentro de los requerimientos del software es necesario que el usuario tenga instalado en su sistema dicha herramienta.

Conjuntamente con el software se incorporan los manuales de instalación y de usuario. El de instalación ayuda al usuario a instalar el software en el computador y el de usuario facilita la navegación dentro del software, indicando el manejo y uso de éste.

6.5. VALIDACIÓN DEL MODELO

De manera de validar el modelo desarrollado, se comparó el programa de fertilización que emplean los productores de los cuatro rubros hortícolas estudiados, con las recomendaciones del software.

Dado que un dato esencial corresponde al aporte nutricional del suelo, determinado a través de un análisis de suelo, analítica que los productores normalmente no practican, se consideraron análisis realizados por INIA, en el Valle de Azapa, durante el 2009 (**Cuadro 1**). De esta información se estimaron tres escenarios posibles (suelos con un nivel bajo, medio y alto de fertilidad), respecto a los tres principales nutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio:

Cuadro 1. Niveles promedio de N, P y K en el suelo para cada escenario definido en Azapa.

Escenario	N mg kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹
Escenario 1 (suelos de fertilidad baja)	28,0	18,9	223,0
Escenario 2 (suelos de fertilidad media)	80,1	83,0	553,4
Escenario 3 (suelos de fertilidad alta)	310,8	356,0	1.053,8

Adicionalmente, se consideró para la validación, dentro de los datos de entrada del software, una densidad aparente del suelo de 1,44 g/cm³ para todos los cultivos y escenarios, que corresponde al promedio de esta variable en el Valle de Azapa. Respecto al ciclo productivo de cada especie, se consideró 100 días para poroto verde, 110 días para maíz dulce y 120 días para pimiento y tomate.

A continuación, se valida el software para las cuatro especies hortícolas en estudio, comparándose en cada caso, el programa de fertilización y los costos asociados, entre lo recomendado por el modelo y la práctica realizada por el promedio de 10 productores seleccionados al azar en

cada rubro, en el Valle de Azapa, para los tres escenarios definidos. Debe indicarse que aunque la fertilización se hace a través del agua de riego (fertirriego), no se consideró el análisis nutricional de ésta, en la validación del modelo, debido a que no existe información disponible a este respecto.

Para definir los costos del programa de fertilización, se estableció en cada caso las fuentes de fertilizantes usados por cada productor, dado que cada uno de ellos posee costos distintos por unidad de nutriente, de acuerdo al precio de lista de la Cooperativa Agrícola y Lechera de Santiago, CALS, en Arica, al 21 de octubre de 2009.

En el **Cuadro 2**, se indica la fertilización de N, P₂O₅ y K₂O aplicada en promedio por 10 productores de cada cultivo del Valle de Azapa, durante el año 2008, su costo asociado y el rendimiento alcanzado promedio para cada uno de los cultivos.

Cuadro 2. Rendimientos, fertilización aplicada y costos promedio por hectárea de esta práctica para 10 productores de cada cultivo. Valle de Azapa, 2008.

Cultivo	Rendimiento kg ha ⁻¹	Fertilización aplicada en promedio para cada cultivo (kg ha ⁻¹)			Costo de fertilización \$ ha ⁻¹
		N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹	
Maíz Dulce	28.050	216,53	94,08	90,50	345.596
Pimiento	23.870	116,27	83,63	78,41	268.918
Poroto Verde	8.230	165,15	81,20	95,64	333.138
Tomate	88.052	150,76	70,64	108,75	356.666

6.5.1. Programa de fertilización recomendado por el software

A partir de los datos de entrada para el software y los rendimientos de cada uno de los productores de maíz dulce (expresados en número de mazorcas), pimiento, poroto verde y tomate, las dosis recomendadas de N, P₂O₅ y K₂O para cada uno de ellos, bajo los tres escenarios definidos se indican en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Dosis de N, P y K (kg ha^{-1}) recomendada por el software en promedio para 10 productores de cada cultivo, bajo tres escenarios de fertilidad del suelo.

Cultivo	Fertilización recomendada por el software en promedio para cada cultivo (kg ha^{-1})								
	Escenario 1 (Suelos fertilidad baja)			Escenario 2 (Suelos fertilidad media)			Escenario 3 (Suelos fertilidad alta)		
	N kg ha^{-1}	P_2O_5 kg ha^{-1}	K_2O kg ha^{-1}	N kg ha^{-1}	P_2O_5 kg ha^{-1}	K_2O kg ha^{-1}	N kg ha^{-1}	P_2O_5 kg ha^{-1}	K_2O kg ha^{-1}
Maíz Dulce	47,75	56,42	0,00	26,80	37,61	0,00	30,61	18,81	0,00
Pimiento	27,32	38,95	0,00	25,15	25,97	0,00	25,15	12,98	0,00
Poroto Verde	97,09	61,79	0,00	47,70	41,20	0,00	47,70	20,60	0,00
Tomate	203,85	121,00	0,00	94,99	80,67	0,00	78,62	40,33	0,00

En las **Figuras 1, 2 y 3**, se grafica las dosis de N, P y K aplicadas por los productores actualmente y las recomendadas por el software, en promedio para cada cultivo en estudio, para los tres escenarios propuestos.

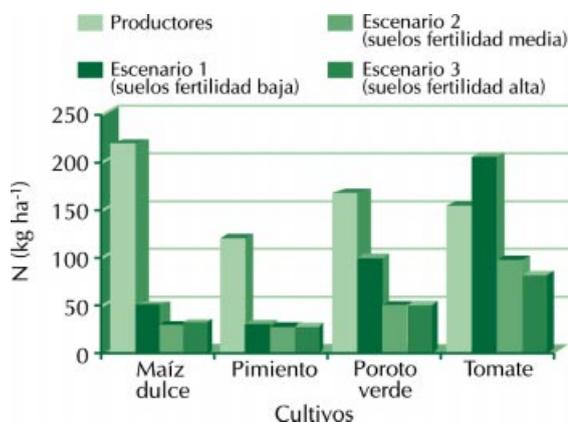


Figura 1. Dosis de N aplicada por los productores y las recomendadas por el software para los tres escenarios en estudio, en promedio para cada cultivo en estudio.

Maíz Dulce: Para el caso de N, el 80% de los productores aplican dosis superiores a las indicadas por el modelo, bajo cualquier nivel de fertilidad del suelo. En promedio, los productores emplean una dosis de $216,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, que se encuentra dentro de lo recomendado por diferentes autores. Por otra parte, el modelo recomienda para suelos de fertilidad media, sólo $30,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

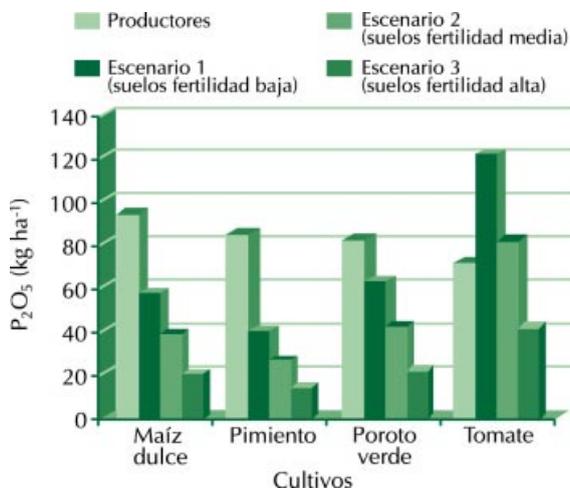


Figura 2. Dosis de P aplicadas por los productores y las recomendadas por el software para los tres escenarios en estudio, en promedio para cada cultivo en estudio.

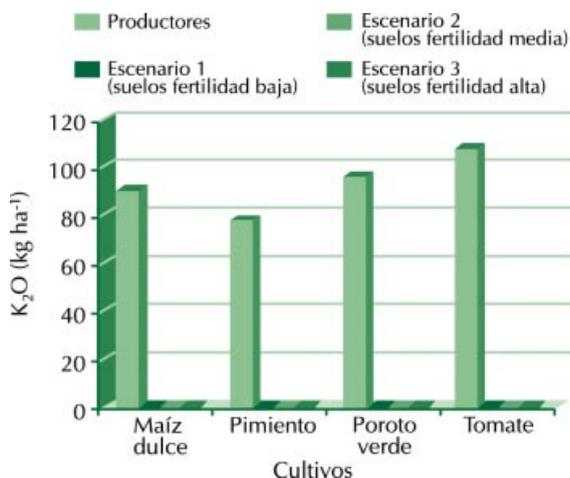


Figura 3. Dosis de K aplicadas por los productores y las recomendadas por el software para los tres escenarios en estudio, en promedio para cada cultivo en estudio.

Es decir, un 85,9% menos que los productores. En relación al uso de fósforo, el 50%, aplica dosis mayores que las recomendadas por el modelo para cualquier escenario definido. En promedio, los productores aplican 94,1 kg ha⁻¹ de P₂O₅, cifra que se encuentra dentro de lo recomendado para un suelo con un contenido medio de fósforo. Por otra parte, el modelo indica para suelos de esta fertilidad, sólo 37,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Es decir, un 60,0% menos. Respecto a potasio, el 70% aplica este nutriente, en una dosis promedio de 90,5 kg ha⁻¹ de K₂O, mientras que el modelo no recomienda la aplicación de elemento para ninguno de los tres escenarios en estudio. A este respecto, la literatura indica que con niveles mayores a 200 mg kg⁻¹ en el suelo, no es recomendable la adición de potasio, como es el caso de los

suelos de Azapa, donde el promedio en suelos de baja fertilidad es de 223 mg kg⁻¹ de K₂O.

Se puede concluir, que en general, sobre el 80% de los productores de maíz dulce del Valle de Azapa, sobre fertilizan sus cultivos, en al menos uno de los tres nutrientes en estudio, especialmente con K, superando con creces las recomendaciones genéricas que existen para este cultivo.

Pimiento: Para el caso de N, el 100% de los productores aplican dosis superiores a las indicadas por el modelo, bajo cualquier nivel de fertilidad del suelo. En promedio, emplean 116,3 kg ha⁻¹. Sin embargo, para los rendimientos reportados, el modelo recomienda, para suelos de una fertilidad media una dosis de sólo 25,15 kg ha⁻¹ de N, es decir, un 78,4% menos que los productores. En relación al uso de fósforo, el 80% de la muestra, aplica dosis mayores que las recomendadas por el modelo para cualquier escenario definido. En promedio, se aplica una dosis de 83,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Por otra parte, considerando los rendimientos alcanzados por los productores, el modelo indica para suelos de fertilidad media una aplicación promedio de sólo 26,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Es decir, un 68,9% menos. Respecto al empleo de potasio, el 100% aplica niveles superiores de este nutriente, en relación a lo indicado por el modelo desarrollado. Los productores usan una dosis promedio de 78,4 kg ha⁻¹ de K₂O, mientras que el modelo no recomienda el aporte de este nutriente para ninguna de los tres escenarios en estudio.

Del análisis anterior se puede concluir, que sobre el 80% de los productores de pimiento del Valle de Azapa, sobre fertilizan sus cultivos de pimiento, considerando el bajo nivel de sus rendimientos, en los tres nutrientes en estudio.

Poroto Verde: El 70% de los productores aplican dosis de N superiores a las indicadas por el modelo, bajo cualquier nivel de fertilidad del suelo. En promedio, emplean 165,2 kg ha⁻¹ de N, lo cual de acuerdo a numerosos autores, resulta una fertilización nitrogenada muy superior a lo recomendada. En este sentido el modelo recomienda para suelos de fertilidad media, una dosis de sólo 47,7 kg ha⁻¹ de N. Es decir, un 71,1% menos que los productores. En relación a fósforo, el 50% aplica dosis mayores que las recomendadas por el modelo para cualquier es-

cenario definido. En promedio, aplican una dosis de $81,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . Por otra parte, el modelo indica para suelos de fertilidad media, una aplicación promedio de sólo $41,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . Es decir, un 49,3% 74,6% menos. Respecto a potasio, el 100% aplica este nutriente, en una dosis promedio de $95,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , mientras que el modelo no recomienda la aplicación de este nutriente, para ninguno de los tres escenarios en estudio.

Se puede concluir, que sobre el 50% de los productores de poroto verde del Valle de Azapa, sobre fertilizan sus cultivos en alguno de los tres nutrientes en estudio, especialmente con N y K, superando con creces las recomendaciones genéricas que existen para este cultivo. Esta situación determina, un uso poco racional de nutrientes como N que presenta una gran movilidad en el perfil del suelo, pudiendo contaminar el agua sub-superficial y profunda, y por otra parte, representa un incremento sustancial en los costos del cultivo, asociado a la práctica de fertilización.

Tomate: Para el caso de N, el 50% de los productores aplican dosis superiores a las indicadas por el modelo, bajo cualquier nivel de fertilidad del suelo. En promedio, emplean $150,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, mientras que el modelo recomienda para suelos de fertilidad media una dosis de sólo 95 kg ha^{-1} de N. Es decir, un 37% menos que los productores. En relación a fósforo, sólo el 30% aplica dosis mayores que las recomendadas por el modelo para cualquier escenario definido. En promedio, los productores aplican una dosis de $70,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , mientras que el modelo indica para suelos de fertilidad media, una dosis de sólo $80,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , es decir, un 14,2% más que el promedio usado por los productores. Respecto a potasio, el 90% de la muestra aplica este nutriente, en una dosis promedio de $108,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , mientras que el modelo no recomienda la aplicación de este nutriente para ninguno de los tres escenarios definidos para el Valle de Azapa.

Se puede concluir que a diferencia de lo que ocurre con el resto de los cultivos, tanto en nitrógeno, como fósforo, se evidencia que el número de productores que sobre fertiliza con algunos de los tres nutrientes en estudio no superan el 30%. Por el contrario, la mayor parte, fertiliza menos que lo recomendado por el modelo. En general, se evidencia una mejor relación con los rendimientos alcanzados.

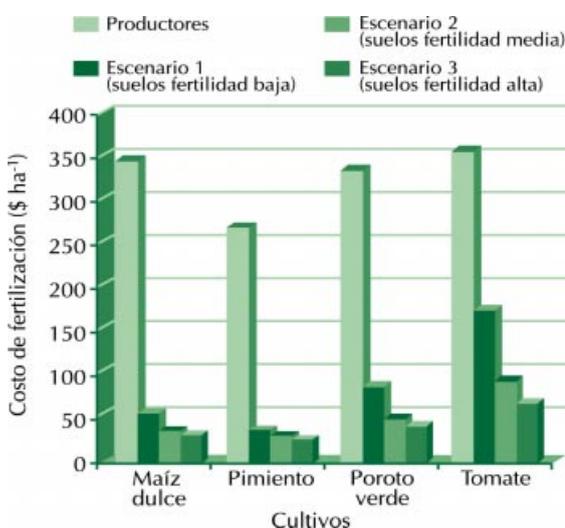
6.5.2. Costos asociados a los programas de fertilización

En el **Cuadro 4**, se muestran los costos de los programas de fertilización recomendados por el software en promedio para cada cultivo, bajo los distintos escenarios, los que se asocian a las dosis definidas por el software y al costo unitario de cada nutriente, de acuerdo a las fuentes fertilizantes seleccionadas.

Cuadro 4. Costo del programa de fertilización en promedio para 10 productores de cada cultivo del Valle de Azapa, según lo recomendado por el software.

Cultivo	Costo de fertilización (\$ ha ⁻¹)		
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	(Suelos fertilidad baja)	(Suelos fertilidad media)	(Suelos fertilidad alta)
Maíz Dulce	51.985	31.661	26.080
Pimiento	32.529	25.820	20.398
Poroto Verde	83.621	45.601	37.006
Tomate	171.916	90.242	63.660

En la **Figura 4**, se contrasta los costos de fertilización de los productores, en promedio para cada cultivo y lo recomendado por el software



para los tres escenarios propuestos.

Figura 4. Costo de fertilización en promedio para cada cultivo. Manejo de los productores y recomendación del software para los tres escenarios propuestos.

Maíz Dulce: De esta muestra, se puede derivar que el 100% de los productores de maíz dulce del Valle de Azapa, presentan costos más elevados que los indicados por un programa de fertilización basado en un balance nutricional. Así, mientras en promedio, los costos de los productores es de \$345.596 ha⁻¹, en el escenario de fertilidad media del suelo, el costo del programa de fertilización al aplicar la recomendación del software sería de sólo \$ 31.661 ha⁻¹, un 90,8% menos que los productores.

Pimiento: En esta especie, el 90% de los productores presenta costos más elevados que los indicados por un programa de fertilización basado en un balance nutricional. En promedio, los costos de los productores es de \$ 268.918 ha⁻¹, en un escenario de fertilidad media del suelo, mientras que al aplicar el modelo el costo sería de sólo \$ 25.820 ha⁻¹. Esto es un 90,4% menos que el costo promedio de los productores. Debe indicarse, que los bajos costos en fertilizantes indicados por el modelo, se debe a los bajos rendimientos alcanzados por los productores estudiados, sólo 23,9 t ha⁻¹, los que fluctuaron entre 7,2 a 48,0 t ha⁻¹.

Poroto Verde: En esta especie, el 90% de los productores de la muestra estudiada en Valle de Azapa, presenta costos más elevados que los indicados por un programa de fertilización que se base en consideraciones de mayor rigurosidad técnica. En promedio, el costo de los productores es de \$ 333.138 ha⁻¹, mientras que considerando un escenario de fertilidad media del suelo, el costo de acuerdo a la recomendación del modelo sería de sólo \$ 45.601 ha⁻¹, un 86,3% menos que el de los productores.

Tomate: Se podría estimar, que el 90% de los productores de tomate del Valle de Azapa, presenta costos más elevados que los indicados por un programa de fertilización basado en un balance nutricional. En promedio, mientras los costos de los productores son de \$ 356.666 ha⁻¹, el modelo determina para un escenario de fertilidad media del suelo, un costo de \$ 90.242 ha⁻¹, un 74,7% menos que el de los productores.

Considerando que el 90% de los productores de tomate presentan costos superiores a los generados por el modelo, mientras que al analizar cada nutriente, el 50% de los productores sobre fertiliza con N, el 90% aplica dosis superiores de K y sólo el 30% utiliza dosis de mayores de

P a las recomendadas por el modelo, queda en evidencia que el problema no se circunscribe sólo a ajustar las dosis a un balance nutricional, sino que también deberán seleccionarse las fuentes fertilizantes que presenten un menor costo por unidad de nutriente.

6.5.3. Evaluación Económica

La evaluación económica se realizó sobre una hectárea “tipo”, que considera proporcionalmente la superficie de los cultivos de la zona, puesto que el sistema de producción del Valle de Azapa se caracteriza por que los productores combinan, espacial y temporalmente, todas las especies: olivos, tomate, pimiento, poroto verde, maíz dulce y otros. De acuerdo, a la superficie cultivada de cada rubro, la hectárea “tipo”, se conformó con un 23,3% de tomate, 8,3% de poroto verde, 10,0% de pimiento, 11,6% de maíz dulce, 43,5% de olivos y un 3,3% con otros cultivos. Por otra parte, los costos de fertilización, se determinaron de acuerdo a las dosis indicadas por los productores en la encuesta de caracterización productiva y el precio de éstos en la CALS de Arica.

6.5.3.1. Costo marginal

En el **Cuadro 5**, se presenta el costo marginal en el uso de fertilizantes por hectárea “tipo”, que resulta de calcular la diferencia entre el costo promedio ponderado por cultivo de los productores, con lo recomendado por el modelo en el escenario de fertilidad media.

Cuadro 5. Costo marginal por ha de cada cultivo y por hectárea “tipo”, entre el manejo de fertilizantes de los productores y la recomendación del Modelo.

Cultivo	Costo marginal del programa de fertilización	
	Costo marginal de la fertilización (\$ ha ⁻¹)	Costo marginal de la fertilización por “ha tipo” (\$)
Tomate	\$ 266.424	\$ 61.959
Poroto Verde	\$ 287.537	\$ 23.882
Pimiento	\$ 243.098	\$ 24.229
Maíz Dulce	\$ 313.935	\$ 36.504
Total ha “tipo”		\$ 146.574

Se observa que el costo marginal al fertilizar en base al modelo desarrollado es de \$ 146.574 por hectárea “tipo”. Es decir, que asumiendo esta recomendación se podría ahorrar \$ 146.574 por hectárea cultivada en el Valle de Azapa, por concepto de fertilización.

6.6. EXTERNALIDADES POSITIVAS

Considerando que en el Valle de Azapa existen 3.010 ha cultivadas con 1.172 productores y una superficie promedio de 2,57 ha/productor, con una tasa de adopción de un 25% en 10 años, se estimó la cantidad de nutrientes que se dejaría de aplicar al emplear el modelo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Diferencia entre el promedio ponderado por ha⁻¹ “tipo”, entre el manejo actual de fertilizantes de los productores, y el programa de fertilización recomendado.

Cultivo	Fertilización marginal (kg ha ⁻¹)			Fertilización marginal (kg ha ⁻¹ “tipo”)		
	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹
Tomate	55,77	-10,03	108,75	12,97	-2,33	25,29
Poroto Verde	117,46	40,01	95,64	9,76	3,32	7,94
Pimiento	91,12	57,66	78,41	9,08	5,75	7,82
Maíz Dulce	189,73	56,46	90,50	22,06	6,57	10,52
Total ha «tipo»				53,87	13,30	51,57

En cada temporada, al emplear la recomendación del modelo para fertilizar los cultivos en estudio, es posible dejar de aplicar por hectárea cultivada, 53,9 kg de N, 13,3 kg de P₂O₅ y 51,6 kg de K₂O. En el Cuadro 7, se presenta una proyección en el tiempo del “ahorro” de estos nutrientes, al integrar las tasas de adopción consideradas en la evaluación económica.

Considerando una tasa de adopción de sólo un 25%, al cabo de 10 años, se podría dejar de aplicar sobre el Valle de Azapa, del orden de 40,5 t de N, 10,0 t de P₂O₅ y 38,8 t de K₂O, por temporada de cultivo.

Cuadro 7. Disminución de N, P₂O₅ y K₂O, en el Valle de Azapa, al adoptar la recomendación del modelo de fertilización, con una tasa de adopción de 25%.

Año	N kg	P ₂ O ₅ kg	K ₂ O kg
1	0	0	0
2	0	0	0
3	692	171	663
4	2.769	684	2.651
5	6.922	1.710	6.627
6	10.245	2.530	9.808
7	8.168	2.017	7.820
8	5.538	1.368	5.302
9	3.461	855	3.314
10	2.769	684	2.651
Total	40.564	10.018	38.835

Esta situación, no sólo es importante desde el punto de vista económico, en cuanto al ahorro de fertilizantes, sino que también, y en especial en el caso del N, desde el punto de vista de lo que representa este nutriente como contaminante potencial de los cursos de agua superficiales y subterráneos del Valle de Azapa, afectando directamente la calidad de este recurso.

6.7. CONCLUSIONES

- Se dispone de un software que permite dosificar la aplicación de N, P y K, en base a un balance nutricional, y que optimiza minimizando el costo del programa de fertilización para tomate, poroto verde, maíz dulce y pimienta, en el Valle de Azapa.
- Los productores del Valle de Azapa, aplican en promedio, dosis mayores de N, P y K a las recomendadas por el modelo desarrollado, y que además permitiría reducir el costo del programa de fertilización de los cultivos. En el caso de N, el modelo recomienda niveles inferiores entre un 37,0% y 87,6%, y en P, entre un 23,9% y un 84,5%, respecto a los programas de fertilización empleados por los

productores de este Valle. Respecto al potasio, dado la alta concentración de este nutriente en el suelo del Valle de Azapa (entre 187 y 1.271 mg kg⁻¹), el modelo no recomienda aplicar fertilizantes potásicos. Sin embargo, todos los productores de pimiento y poroto verde aplican potasio, mientras que en maíz dulce y tomate entre el 70% y 90%, también lo hacen.

- Respecto a los costos del programa de fertilización usado por los productores de las especies en estudio, éste es más elevado que lo recomendado por el software, indistintamente el escenario, entre un 51,8% y 92,5%. Se evidencia además, que los productores, especialmente los de tomate, emplean fertilizantes que poseen los mayores costos de cada unidad de nutriente.
- Con una tasa de adopción de un 25%, se podría dejar de aplicar, en 10 años, sobre el Valle de Azapa, por temporada de cultivo, del orden de 40,5 t de N, 10,0 t de P₂O₅ y 38,8 t de K₂O.

6.8. BIBLIOGRAFÍA

- ARQUEROS, S. 1996.** Efectos de la fertirrigación en la producción y calidad de semillas de pimentón y tomate. Tesis de grado. Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- CENTRO RURAL DE INFORMACIÓN TÉCNICA. 2002.** Efectos del nitrato en la salud. Valencia, España.
- DIONIZIS, N. 2009.** Uso de agroquímicos en los cultivos de tomate y maíz en el Valle de Azapa, en la Región de Arica y Parinacota. Tesis de grado. Universidad Mayor. 91p.
- FAIGUENBAUM, H. 2003.** Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Editora Ograma, S.A. 760p.
- GIACONI, V Y ESCAFF, M. 1994.** Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria. 334p.
- INIA, 2009.** Informe anual proyecto "Formulación de sistemas de producción limpia, para los principales cultivos del Valle de Azapa". Inia - Innova Chile de Corfo.
- KILLING, G. 2009.** Uso de agroquímicos en los cultivos de poroto verde y pimiento en el Valle de Azapa. Tesis de grado. Universidad Mayor. 125p.

- MINSAL, 2001.** Decreto N° 106 de 1997 y actualizado al 20-09-2001. www.redsalud.gov.cl/archivos/alimentosynutricion/.../aguasminerales1.pdf.
- NEIRA, O. 2004.** Determinación de los requerimiento de nitrógeno de los cultivares de maíz dulce. Tesis de grado. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Agronomía. 68p.
- RODRÍGUEZ, N. 2004.** Uso adecuado de fertilizantes en porotos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI-QUILAMAPU, Boletín INIA N° 116. 27p.
- RUIZ, R. 1983.** Fertilización en tomate para consumo fresco. Revista Investigación y Progreso Agropecuario, IPA-La Platina, N° 18. Julio - Agosto 1983. p. 32-34.
- RUIZ, R Y RATHGEB, W. 1990.** Efecto de la dosis de P al almacigo, en economía del P, en post-plantación y ritmo de absorción NPK en tomates, cultivados al aire libre. Agricultura técnica, Chile. 50(3): 274-280.
- SOQUIMICH, 2002.** Libro azul manual básico de fertirriego, SOQUIMICH Comercial. 231p.
- H. URZÚA, L. BARRALES, H. FAIGUENBAUM, M. GALVEZ, R. ORMAZABAL y R. PIZARRO, 2003.** Fertilización nitrogenada de porotos verdes para uso agroindustrial en la zona central de Chile: indicaciones preliminares. Cien. Inv. Agr. 30 (1): 57-60. 2003.
- VÁSQUEZ, D. 2009.** Caracterización de la producción hortícola del Valle de Azapa en la Región de Arica y Parinacota. Tesis de grado. Universidad Mayor. 89p.
- WASILIEW, J. 2003.** Factibilidad agronómica y ambiental de la aplicación de purines de cerdo como fertilizante nitrogenado en especies vegetales de uso silvoagropecuario. Tesis de grado. Universidad Mayor. 124p.

HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES PARA MANEJO BAJO CRITERIOS DE PRODUCCIÓN LIMPIA

Abelardo Villavicencio P.

Ing. Agr. Mg.Sc.

Francisco Tapia F.

Ing. Agr. M.Sc.

Patricia Estay P.

Ing. Agr. M.Sc.

Jorge Jerez B.

Ing. Agr. Ph.D.

La gestión predial bajo criterios de producción limpia, exige de herramientas de apoyo para la toma de decisiones. En este sentido, modelos de optimización económica en función de recursos limitados, de alerta temprana de plagas, de fertilización en base a balances nutricionales y una aproximación a la evaluación de riesgo ambiental de las aplicaciones de plaguicidas en un predio, son elementos de alta importancia y ayuda para aplicar los criterios y conceptos de una estrategia de producción limpia. Durante el proyecto, se desarrolló estos apoyos informáticos, que se detallan a continuación.

7.1. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS PEDIALES MEDIANTE PROGRAMACIÓN LINEAL

La actividad agrícola cada día exige un mayor aporte o incorporación de nuevas tecnologías y estrategias para enfrentar cada proceso productivo, como la gestión de los recursos involucrados o disponibles, para lograr productos de calidad y a un costo competitivo.

La gestión económica de una empresa agrícola juega un rol tan importante como la gestión técnica para lograr los objetivos que se propone un agricultor. En la actualidad, está cobrando cada vez más importancia la gestión eficiente y eficaz de los recursos disponibles al interior de una explotación, así como también la toma acertada de decisiones al interior de la empresa, lo cual significa identificar y cuantificar recursos disponibles y organizarlos en diferentes actividades productivas que maximicen su capacidad para generar ingresos al predio.

Una herramienta poderosa para lograr este objetivo, lo constituye la técnica de modelación matemática conocida como programación lineal, que permite estudiar el comportamiento de un conjunto de recursos, sometidos a ciertas restricciones de uso, y construir y evaluar diversos escenarios o alternativas de combinación de recursos escasos en diferentes actividades productivas, con el objetivo de maximizar el ingreso de la unidad predial.

7.1.1. Características del modelo de optimización desarrollado

Un modelo de optimización debe especificar un objetivo o meta que se desea alcanzar, a través de la maximización o minimización de una función. El modelo desarrollado busca maximizar el margen bruto predial, es decir, la diferencia entre ingresos por venta de productos y sus costos directos de producción. Para ello, se debe contar con información como precios de insumos y productos, cantidad de recursos utilizados y rendimientos. Además, el modelo contempla un módulo de estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos que se contrasta con la disponibilidad del recurso.

En base a este conjunto de recursos y sus restricciones de uso, el modelo da como resultado la mejor combinación de cultivos que maximicen el margen bruto predial, indicando el patrón de cultivo optimizado.

En el modelo adjunto, es posible observar celdas de fondo blanco y letras verdes, donde se debe ingresar la información que requiere el modelo y que permite establecer diferentes escenarios hasta definir una combinación adecuada de cultivos para el agricultor.

Para aplicar el modelo bastan los siguientes pasos:

1. Ingrese datos en la planilla de estimación de demanda de agua (fechas de inicio y término del cultivo, Kc y evaporación de bandeja). Estos datos aparecerán ligados posteriormente en el modelo.
2. Ingrese datos que actualicen cada ficha técnica de los cultivos.
3. Ingrese a la hoja "Modelo de optimización" e ingrese datos en las celdas de letras verdes. Es decir, superficie disponible, volumen de agua disponible, disponibilidad de mano de obra, costo de mano de obra y precios estimados de venta de los productos (**Figura 1**).
4. En la siguiente ventana (**Figura 2**), deberá ingresar en las celdas de letras verdes, el valor mínimo de cualquier cultivo a partir del cual desea que el modelo tome en consideración. En el ejemplo, se muestra que el agricultor desea que la propuesta de cultivos considere al menos 0,2 ha de pimiento como superficie fija. El resto de la superficie asignada la resuelve el modelo.
5. Para hacer funcionar el modelo, posicione el cursor en la celda que indica el valor de margen bruto optimizado
6. En la planilla EXCEL, abrir menú Herramientas, Solver, Resolver, esta secuencia buscará la mejor combinación de superficie de los diferentes rubros, tal que se maximice el margen bruto.
7. De la ventana de respuesta puede seleccionar "informe de respuestas", de "sensibilidad" o "límites" para mayor detalle de los resultados.

INGRESO DE DATOS (SÓLO EN LAS CELDAS BLANCAS)

Recursos disponibles		
Superficie disponible (ha)		1,5
Volumen de agua disponible (m ³ /temporada)		3.000
Disponibilidad de mano de obra (lh/temp)		400
Costo mano obra (\$/lh)		8.000
Rendimientos y precios	Rendimientos	Precios
Tomate	88.021	800
Maíz choclero	78.000	140
Poroto verde	12.680	800
Pimiento	4.706	5.000

Figura 1. Modelo para la determinación de un patrón óptimo de cultivo.

Cultivo	Demanda agua por cultivo (m3/ha)	Demanda mano obra (JH/ha)	Costo plantas o semillas (\$)	Costo pesticidas (\$/ha)	Costo fertilizante (\$/ha)	Otros costos (\$/ha)
Tomate	4.669	511	3.563.672	399.206	876.938	3.122.894
Maíz choclero	2.150	190	487.400	195.113	642.373	907.943
Poroto verde	1.821	168	240.000	187.020	1.274.401	637.897
Pimiento	5.117	319	1.840.000	459.009	1.170.494	1.219.269
RESTRICCIONES DEL MODELO						
Restricción de superficie						
Cultivo	Superficie mínima		Superficie máxima			
Tomate	>	0	<	1,5		
Maíz choclero	>	0	<	1,5		
Poroto verde	>	0	<	1,5		
Pimiento	>	0,2	<	1,5		

Figura 2. Estándares técnicos del cultivo.

8. La planilla entregará un cuadro con los siguientes resultados (Figura 3), del patrón de cultivos optimizado:

Cultivo	Superficie (hás)
Tomate	0,02
Maíz choclero	0,01
Poroto verde	0,99
Pimiento	0,21
Superficie total	1,23
Mano obra total (JH)	246
Consumo de Agua (m3)	3.000
Margen Bruto Optimizado (\$)	21.544.727
Margen Bruto/há Optimizado (\$)	17.504.839

Figura 3. Patrón de cultivo optimizado.

Analizando el resultado entregado por el modelo, es posible visualizar que se han cumplido todas las restricciones impuestas al sistema. El patrón de cultivos propone la siembra de una ha de poroto, y un leve incremento en la superficie de pimiento y tomate.

Se aprecia que no se utilizó todo el recurso suelo (1,24 sembradas de 1,5 disponibles), debido a que el factor disponibilidad de agua está siendo limitante. Esta información facilita o apoya la toma de decisio-

nes en cuanto a incorporar otro cultivo en reemplazo de los más demandantes en agua, o mejorar niveles de eficiencia en el uso del recurso hídrico o construir y ampliar estanques acumuladores. Este sencillo ejemplo permite demostrar la utilidad de esta herramienta en la planificación predial y en la identificación de la mejor combinación de rubros dado un conjunto acotado de recursos.

Para realizar una nueva modelación, bastará que el usuario ingrese nuevos datos en la ventana de inicio o regrese a la planilla de “calculo de demanda de agua”, para reemplazar algún cultivo.

7.2. MODELO FERTILIZACIÓN

El incremento en el uso de fertilizantes en el último tiempo, ha provocado un aumento en la contaminación del suelo, aguas subterráneas y estructuras vegetales comestibles que pueden provocar serios problemas sobre la salud humana. En el marco del proyecto, se elaboró un software computacional, que tiene como objetivo principal apoyar la determinación de programas de fertilización sobre la base de balances nutricionales, para los cultivos de tomate, poroto verde, pimentón y maíz dulce.

El software considera las tasas de extracción de N-P-K, de los cultivos durante la estación de crecimiento, lo cual permite establecer porcentualmente los requerimientos de estos nutrientes en el tiempo. Por otra parte, el modelo considera también, los aportes de N, P y K del suelo y del agua de riego. Por lo tanto, la diferencia entre las cantidades requeridas y los aportes, es lo que el modelo estimará como recomendación para la fertilización de estos cultivos.

Se requiere como datos de entrada los aportes de N-P-K del suelo y del agua (determinados mediante análisis de laboratorio), el rendimiento esperado por hectárea y el número de días que se requieren para la primera cosecha (estos últimos dos datos los maneja empíricamente el productor). Además, se incorpora una base de datos de fertilizantes comerciales, sus respectivas concentraciones de N-P-K, eficiencia del fertilizante y su precio, pudiendo modificar cada uno de los factores mencionados, así como también agregar o eliminar fertilizantes.

Con el propósito de establecer un programa de fertilización de menor costo, el modelo realiza un proceso de optimización seleccionando aquellos fertilizantes que posean los menores costos por unidad de nutriente.

El resultado de la aplicación es un programa semanal de fertilización que indica el conjunto de fertilizantes a usar, cantidad de cada uno de ellos y el costo semanal y total que implica el programa de fertilización.

7.2.1. Aplicación del modelo de fertilización

La **Figura 4**, muestra la ventana de inicio del programa que permite seleccionar el cultivo a evaluar.

La siguiente ventana (**Figura 5**), es para el ingreso de información derivada del análisis de suelo y agua, del rendimiento esperado y superficie a cultivar. Cabe mencionar que el modelo puede funcionar aún si los datos de análisis de agua no están disponibles.



Figura 4. Ventana de inicio del programa.



Figura 5. Ingreso de información técnica.

Otro aspecto relevante del modelo, es el proceso de optimización que realiza, seleccionando la combinación de fertilizantes de menor costo.

Para ello, el usuario puede agregar, modificar o eliminar diferentes fuentes de fertilizantes en función de sus necesidades o de la disponibilidad de fertilizantes en el mercado (Figura 6).

Fertilizante	N	P	K	Precio
Acido Fosfórico 7	0	54	0	897
Acido Fosfórico 8	0	62	0	900
Fosfato Diamónico	18	45	0	295
Urea	15	30	15	1021
Urea	18	6	18	612
Urea	25	10	10	665
Urea	13	6	40	715
Urea	18	18	18	840
Fosfato Mononó	10	50	0	670
Nitrato de K	13,5	0	44	585
Urea	46	0	0	274
Nitrato de Amonio	33	0	0	325
Sulfato de K	0	0	50	675
				0
				0
				0
				0
				0
				0

Figura 6. Base de datos de fertilizantes.

Finalmente, se presenta una ventana de resultados que muestra el requerimiento total en kilos de fertilizantes seleccionados, además de un reporte técnico que incluye el programa de fertilización semanal (Figura 7).

Fertilizante	Cantidad (Kg)
Fosfato Diamónico	177,68
Nitrato de K	261,44
Urea	80,84

Programación Semanal	Cantidad(kg)	Precio por Semana
Semana 1		
Fosfato Diamónico	26,80	\$ 38.485,00
Nitrato de K	45,96	
Urea	13,47	
Semana 2		
Fosfato Diamónico	30,05	\$ 35.716,00
Nitrato de K	40,71	
Urea	11,07	

Figura 7. Reporte de resultados de la aplicación.

7.3. PROGRAMA DE ALERTA TEMPRANA PARA EL CONTROL DE POLILLA DEL TOMATE

Un aspecto clave en la implementación de criterios de producción limpia para el manejo fitosanitario de los cultivos, es la toma de decisiones respecto de la oportunidad de realizar el control químico de plagas o enfermedades. El manejo tradicional, contempla aplicaciones de frecuencia fija mediante calendario. Sin embargo, durante el proyecto se

realizó estudios de dinámica poblacional que se correlacionaron con las temperaturas registradas durante las temporadas de trabajo, lo cual permitió parametrizar el modelo.

El software funciona con información de temperaturas máximas y mínimas que se acumulan sobre un umbral de desarrollo, y que permite anticipar los distintos estadios de la plaga. El modelo se considera una potente herramienta de gestión para el manejo de esta plaga clave del cultivo y apoya la aplicación del sistema de monitoreo de plagas en terreno, lo cual en conjunto permite tomar decisiones de aplicación de plaguicidas con un mayor respaldo técnico.

En la Región de Arica y Parinacota existe una red de 13 estaciones meteorológicas, de las cuales es posible acceder a los datos que requiere el modelo, sin costo para el usuario (*consultar en: www.agroclima.cl*).

7.3.1. Aplicación del modelo

Para la aplicación del modelo se debe ingresar a la página: www.inia.cl/entomologia, en cuyo extremo izquierdo aparece un llamado para sistema de predicción y alerta On Line. Haciendo click, se despliegan diferentes ventanas con requerimiento específicos de información (**Figura 8**).



Figura 8. Pantalla de acceso al modelo.

Luego en la pantalla de ingreso de datos, se colocan las temperaturas mínimas y máximas diarias y se selecciona el botón “Calcular” (Figura 9).

El software genera una planilla y un reporte con la fecha de los probables estadios de desarrollo de la plaga en el campo (huevos, larvas, pupas y adultos), y que es utilizado en conjunto con el monitoreo en terreno, permitiendo determinar el momento más propicio para el control de la plaga (Figura 10).



Figura 9. Ingreso de datos.

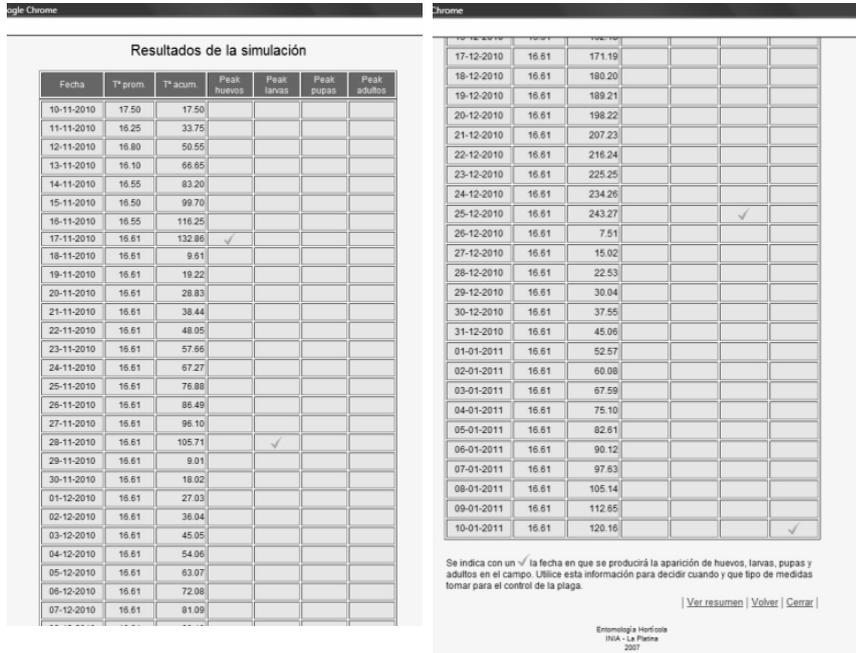


Figura 10. Ejemplo de planilla generada por el software.

7.4. SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MANEJO DE PLAGUICIDAS, SEMAP

El SEMAP es un sistema de evaluación del manejo de plaguicidas que permite comparar planes de manejo fitosanitarios en cultivos. Evalúa el impacto sobre los trabajadores agrícolas, los consumidores y el medio ambiente, permitiendo seleccionar manejos de productos fitosanitarios más sustentables o evaluar potenciales riesgos y tomar medidas de mitigación. Está basado en el cálculo del Índice EIQ (Environmental Impact Quotient o, Cuociente de Impacto Ambiental) desarrollado por Kovach *et al.*, (1995), que permite cuantificar el impacto del uso de los plaguicidas.

¿Cómo se emplea?

El primer paso es acceder a Internet (www.semmap.cl), y registrarse como usuario llenando el formulario correspondiente (Figura 11). El registro utiliza el correo electrónico como nombre de usuario. Luego de ello, se puede utilizar el sistema para lo cual debe ingresar la información solicitada, que corresponde a la Región, Cultivo y Programa Fitosanitario (Figura 12). El sistema tiene incorporado una base de datos con aproximadamente 500 productos comerciales autorizados para ser vendidos en Chile, unida a una base de datos de ingredientes activos con los valores de EIQ. El usuario debe ingresar el producto comercial, la dosis del producto comercial y el número



Figura 11. Pantalla de ingreso al sistema.

ro de aplicaciones realizadas durante la temporada (Figura 13). En el sector derecho de la pantalla hay dos botones con los símbolos + y - que permiten agregar nuevas líneas para ingresar nuevos productos o eliminarlas.

Una vez que todos los productos han sido ingresados se debe pulsar el botón "Calcular EIQ".

En ese instante se despliega un mensaje en pantalla solicitando autorización para almacenar la información ingresada y utilizarla en estudios de manejos de plaguicidas por el INIA (Figura 14).

Luego el sistema despliega los resultados separados en cuatro pantallas; en la primera para el resultado de EIQ "total", luego EIQ "trabajador agrícola", EIQ "consumidor" y finalmente EIQ "medio ambiente".



Figura 12. Pantalla de ingreso de datos.

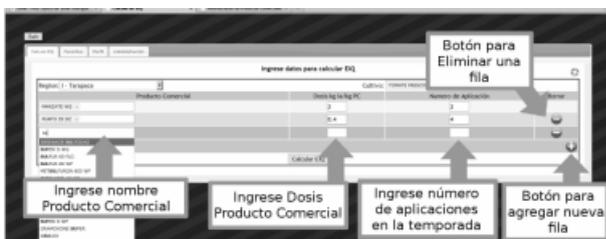


Figura 13. Ingreso del Programa Fitosanitario.



Figura 14. Mensaje solicitando autorización para utilizar la información.

¿Cómo se calcula el EIQ?

El valor de EIQ es calculado para cada ingrediente activo, y el producto comercial tiene un valor proporcional al porcentaje de ingrediente activo que tiene. Matemáticamente es la multiplicación del EIQ del ingrediente activo por el porcentaje de ingrediente activo.

El EIQ de campo es el valor del EIQ del producto comercial multiplicado por la dosis y el número de aplicaciones realizados durante la temporada. Así, el valor total de EIQ de un plan de manejo fitosanitario es la suma de los valores de EIQ de cada producto utilizado. En SEMAP, estos cálculos son realizados internamente y el usuario sólo debe ingresar el producto comercial, la dosis y número de aplicaciones realizadas

Para ejemplificar, el manejo fitosanitario en papa considera la aplicación de los siguientes productos:

Manejo A:

Producto Comercial	Objetivo	Dosis	Nº Aplicaciones
Sencor 480 SC	Malezas	2	1
Curzate M8	Tizón	1,5	4
Zero 5EC	Pilme	0,2	1

Manejo B:

Producto Comercial	Objetivo	Dosis	Nº Aplicaciones
Sencor 480 SC	Malezas	2	1
Curzate M8	Tizón	1,5	4
Lorsban plus	Pilme	0,8	1

El cálculo de EIQ se realiza determinando el ingrediente activo y su concentración.

Manejo A:

Producto Comercial (PC)	Ingrediente Activo (IA)	EIQ IA	Concentración IA (g IA/Kg PC)	Dosis	EIQ PC	Nº Aplicaciones	EIQ Tratamiento
Sencor 480 SC	Metribuzina	28,4	480	2	27,264	1	27,264
Curzate M8	Mancozeb Cimoxanil	14,6 8,7	640 80	1,5 1,5	14,016 1,044	4 4	56,064 4,176
Zero 5EC	Landacialotrina	43,5	50	0,2	0,435	1	0,435
Total							87,939

IA: Ingrediente Activo

PC: Producto comercial

Manejo B:

Producto Comercial (PC)	Ingrediente Activo (IA)	EIQ IA	Concentración IA (g IA/Kg PC)	Dosis	EIQ PC	Nº Aplicaciones	EIQ Tratamiento
Sencor 480 SC	Metribuzina	28,4	480	2	27,264	1	27,264
Curzate M8	Mancozeb Cimoxanil	14,6 8,7	640 80	1,5 1,5	14,016 1,044	4 4	56,064 4,176
Lorsban plus	Clorpirifos Cipermetrina	43,5 27,3	500 50	0,8 0,8	17,4 1,092	1 1	17,4 1,092
Total							105,996

El manejo B que modifica el insecticida para el control de pilme, tiene un EIQ mayor al manejo A, por lo cual desde el punto de vista de los impactos potenciales, el manejo A presenta menos efectos adversos que el manejo B.

EIQ Trabajador agrícola

Este subíndice está orientado a evaluar efectos potenciales de los pro-

ductos fitosanitarios en los trabajadores agrícolas: aquellos que aplican los plaguicidas y los que realizan la cosecha. El efecto sobre los trabajadores que realizan la aplicación es multiplicado por un factor para ponderar el mayor riesgo de éstos.

El índice es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$EIQ - TA = C \times (DT \times 5) + (DT \times P)$$

Donde:

C : Toxicidad crónica.

DT : Toxicidad dermal aguda.

P : Persistencia de residuos en la superficie de la planta.

EIQ-Consumidor

$$EIQ - C = C \times ((S + P) / 2) \times SY + L$$

Donde:

S : Vida media en el suelo.

SY : Modo de acción.

L : Potencial de movimiento en el agua subterránea.

C : Toxicidad crónica.

P : Persistencia de residuos en superficie de las plantas.

EIQ - Ecológico

La evaluación ambiental, estima el efecto potencial de los plaguicidas sobre los organismos, para lo cual se consideran los peces, aves, abejas e insectos benéficos.

$$EIQ - E = (F \times R) + (D \times ((S + P) / 2) \times 3 + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)$$

Donde:

F : Toxicidad letal para peces 96-horas.

R : Potencial de escurrimiento superficial.

D : Toxicidad letal para aves.

S : Vida media en el suelo.

P : Vida media en la planta.

Z : Toxicidad letal para abejas.

B : Toxicidad para artrópodos benéficos.

CONCLUSIONES GENERALES

La aplicación de una estrategia de manejo de plagas, enfermedades y fertilización de cultivos bajo criterios de producción limpia, permite reducir el número de aplicaciones de plaguicidas y la cantidad de fertilizante utilizados en los principales cultivos del valle de Azapa, sin afectar los rendimientos. Esta estrategia, también tiene efectos en un mejoramiento de la competitividad, al reducir significativamente los costos y al mejorar el manejo ambiental de los sistemas de producción propuestos, al reducir la presión de aplicación de agroquímicos.

Respecto del manejo de la nutrición de cultivos, se advierte una tendencia a fertilizar en exceso por parte de los agricultores. La validación del modelo desarrollado durante el proyecto, indica que es posible reducir significativamente las aplicaciones de fertilizantes sin afectar los rendimientos, aunque queda investigación que realizar en la validación de más especies y bajo condiciones de alto contenido salino de suelos y aguas.

Cabe mencionar que el manejo de los sistemas productivos del valle de Azapa, requiere en forma urgente la incorporación de estos criterios de producción limpia, como única manera de asegurar sustentabilidad y competitividad de la actividad agrícola, ya que con el manejo tradicional se están generando importantes efectos de contaminación difusa en suelos y cuerpos de aguas.

La incorporación de esta estrategia de manejo, permitirá mantener o ampliar los actuales mercados de la producción hortícola regional, de manera que su adopción por parte de los agricultores debe ser un imperativo técnico y social ineludible, así como el avance hacia la conformación de acuerdos de producción limpia, donde grupos de agricultores asumen voluntariamente el compromiso de revisar y ajustar sus sistemas productivos en función de criterios de producción limpia y buenas prácticas agrícolas, como forma de asegurar a los consumidores productos sanos, limpios, inocuos y de alta calidad.