

## Capítulo 7

# Estrategias para el control de plagas que minimicen el uso de plaguicidas y cumplan con los límites máximos de residuos presentes en cultivos hortícolas

### **Claudio Salas F.**

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

### **Carlos Quiroz E.**

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
cquiroz@inia.cl

### **Carlos Astudillo O.**

Ingeniero Agrónomo  
carlos.astudillo@inia.cl

## 1. Introducción

Una vez resuelto el estado del arte del sector hortícola de hojas y determinar el problema central, el equipo de investigadores de INIA se enfocó en demostrar la factibilidad de:

- Sustituir los plaguicidas habitualmente usados por los agricultores, por otros de menor impacto (sobre la salud de las personas como del medio ambiente).
- Disminuir el número de aplicaciones, manteniendo el mismo nivel de eficacia agronómica en el control de las plagas y finalmente,
- Minimizar la presencia de residuos de plaguicidas en el producto final, buscando como meta mínima, el respeto de los límites de residuos permitidos en Chile.

Para lograr demostrar esto, fue necesario ensayar y evaluar nuevas estrategias de manejo y control de las plagas descritas para los cultivos en estudio (Capítulo 5).

Estas estrategias se basaron en cuatro pilares:

- a. Aplicación del concepto de MIP.
- b. Evaluación cuantitativa del programa fitosanitario aplicado mediante el uso del modelo de impacto denominado Kovach, el cual detecta nivel de riesgo.
- c. Utilización de herramientas tecnológicas existentes en el país y disponibles por los productores.
- d. Establecimiento de Transferencia *in situ*, de manera de obtener una apropiación conceptual de la iniciativa.

## 2. Estudios de caso

Con la finalidad de generar programas de manejo de plagas eficaces y con bajo impacto ambiental para mitigar las poblaciones de los principales insectos asociados a los cultivos de lechuga, acelga y espinaca, se desarrollaron ensayos en la Parcela Experimental Pan de Azúcar de INIA Intihuasi, (29°55' S, 71° 14"O), comuna de Coquimbo.

Los ensayos consistieron en contrastar la eficacia e impacto ambiental de los programas fitosanitarios aplicados por los agricultores tradicionales respecto de la propuesta desarrollada por INIA. Para lo cual se definió:

- De manera de verificar la eficacia de los programas fitosanitarios (productores vs, INIA) se analizó la incidencia de insectos a cosecha (rendimiento, calidad).
- Para determinar el impacto ambiental del programa fitosanitario se utilizó el cálculo del Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA en adelante) propuesto por Kovach *et al*, 1992. El cual se obtiene por medio de una ecuación basada en los tres principales componentes de los sistemas de producción agrícola: componente de trabajadores agrícolas, componente de consumidores y componente ecológico.

La fórmula de CIA se expresa como:

$$\{C[(DT+5)+(DT \times P)] + [(C + ((S+P/2) \times SY) + (L))] + [(F \times R) + (D \times ((S \times P)/2 \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5))]\} / 3$$

Donde: DT = toxicidad cutánea, C = toxicidad crónica, SY = sistematicidad, P = toxicidad en peces, L = potencial de lixiviación, R = superficie de pérdida del potencial, D= toxicidad en aves, S = vida media del suelo, Z= toxicidad en abeja, B = toxicidad en artrópodos, P = vida media en la planta.

Cada uno de los valores de la fórmula del coeficiente proviene de una amplia revisión de datos y este índice se considera como universal. Puesto que se conoce el CIA de los ingredientes activos, su valor puede ser hallado en campo, donde a partir de datos sobre dosis, número de aplicaciones y el ingrediente activo se calcula el CIA de campo como se muestra a continuación:

*CIA de campo = CIA ingrediente activo × % ingrediente activo × Dosis × Número de aplicaciones*

Los cálculos del CIA fueron realizados a través de la herramienta de cálculo en línea disponible en <https://nysipm.cornell.edu/eip/calculator-field-use-eip>.

## 2.1. Estrategia de control de insectos en el cultivo de lechuga

### 2.1.1. Estudios de caso

La lechuga escarola variedad Desert Storm se produjo en almacigueras sin aplicación de insecticidas, siendo establecida en campo el 28-09-2015, en una plantación a doble hilera sobre platabandas.

El marco de plantación fue de 1 m entre hileras por 25 cm sobre la hilera (80.000 plantas/ha). La superficie total del ensayo fue de 482 m<sup>2</sup>, con un tamaño por parcela experimental de 12 m<sup>2</sup> (3 m x 4 m).

Las estrategias A y B corresponden a programas para el control de plagas realizadas por productores de lechugas de los sectores de Coquimbito y Pan de Azúcar respectivamente (Cuadro 6).

Las aplicaciones de insecticidas de las estrategias A y B, fueron realizadas de acuerdo al calendario, de igual forma lo realizaban los agricultores desde donde se obtuvo las estrategias.

**La estrategia INIA (C) se implementa sobre la base del concepto de manejo integrado de plagas (MIP), definido previamente:**

Para el caso del trips (*Frankliniella occidentalis*) se consideró los siguientes parámetros para realizar la aplicación de insecticidas (umbral de control):

- Un (1) trips de California capturado por día en trampa cromática para los primeros 15 días desde trasplante,
- Posterior a este periodo y hasta cosecha se consideró 5 trips/trampa/día.

O en su defecto:

- Presencia de 1 trips de California (promedio de 20 plantas evaluadas) por planta día para los primeros 15 días desde trasplante,
- Posterior a este periodo y hasta cosecha se consideró 5 trips/planta/día.

Para el caso del pulgón (*Nasonovia ribisnigri*) se consideró los siguientes parámetros para realizar una aplicación de insecticidas:

- 5 pulgones/planta/día.

### 2.1.2. Resultado de los programas de control fitosanitario aplicados

Los programas de control empleados por dos productores y el INIA, se presentan en el **Cuadro 6**.

**Cuadro 6.** Estrategias fitosanitarias evaluadas.

<b>Estrategia A</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Producto Comercial</b>	<b>Ingrediente Activo</b>
05/10/2015	Balazo 90 SP + Li 700	Metomilo + Coadyuvante
20/10/2015	Balazo 90 SP + Li 700	Metomilo + Coadyuvante
27/10/2015	Balazo 90 SP + Li 700	Metomilo + Coadyuvante
11/11/2015	Balazo 90 SP + Li 700 + MTD 600	Metomilo + Coadyuvante + Metamidofos
17/11/2015	Balazo 90 SP + Li 700	Metomilo + Coadyuvante
24/11/2015	Gladiador 450 WP + Li 700	Acetamiprid 40 y Lambda cihalotrina + Coadyuvante
<b>Estrategia B</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Producto Comercial</b>	<b>Ingrediente Activo</b>
20/10/2015	Vertimec 018 EC	Abamectina
11/11/2015	Clorpirifós 48 CE + Engeo	Clorpirifós + Tiametoxam y Lambda-cihalotrina
17/11/2015	Engeo	Tiametoxam + Lambda-cihalotrina
24/11/2015	Clorpirifós 48 CE + Lorsban	Clorpirifós + Clorpirifós
<b>Estrategia C (INIA)</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Producto Comercial</b>	<b>Ingrediente Activo</b>
05/10/2015	Neem-X	Azadirachtina
20/10/2015	Absoluto 70 WP	Imidacloprid
27/10/2015	Absoluto 70 WP	Imidacloprid

De los resultados obtenidos, se determinará como siguiente paso el impacto ambiental de los programas fitosanitarios aplicados por los agricultores y el INIA.

### 2.1.2.1. Determinación del impacto ambiental (CIA) de los programas fitosanitarios aplicados

De las tres estrategias evaluadas, aquella que registró el mayor impacto ambiental fue la estrategia A, lo que se asocia directamente al uso reiterado del insecticida Balazo 90 SP, el cual fue aplicado de forma consecutiva 5 veces.

El insecticida MTD 600 SL también aportó en el incremento del CIA de campo de este programa fitosanitario (**Cuadro 7**).

**Cuadro 7.** Impacto ambiental estrategia A.

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% CIA		Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
			I.A.	(I.A.)				
Balazo 90 SP	100 g/HL	Metomilo	90	22	4,9	2,7	21,9	9,8
Balazo 90 SP	100 g/HL	Metomilo	90	22	4,9	2,7	21,9	9,8
Balazo 90 SP	100 g/HL	Metomilo	90	22	4,9	2,7	21,9	9,8
Balazo 90 SP	100 g/HL	Metomilo	90	22	4,9	2,7	21,9	9,8
Balazo 90 SP	100 g/HL	Metomilo	90	22	4,9	2,7	21,9	9,8
MTD 600 SL	0,5 L/Ha	Metamidofos	60	36,8	2,4	11,5	14,4	9,4
Gladiador	200g/ha	Acetamiprid	40	28,7	0,5	0,5	5,1	2,0
450 WP		Lambda-cihalotrina	5	44,2	0,0	0,2	1,0	0,4
<b>Coefficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>61,0</b>

En la estrategia B, los insecticidas en base al ingrediente activo Clorpirifós fueron los que mayormente contribuyeron en el incremento del Coeficiente de Impacto Ambiental, debido al impacto que este ingrediente activo produce en el componente ecológico (**Cuadro 8**).

En la estrategia INIA (C), sólo fue necesario realizar tres aplicaciones de insecticidas, todas ellas dirigidas a controlar *N. ribisnigri*. Además de haber realizado menos aplicaciones, el CIA de campo fue muy reducido (**Cuadro 9**).

**Cuadro 8.** Impacto ambiental estrategia B.

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% I.A.	CIA (I.A.)	Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
Vertimec 018 EC	75 cc/HL	Abamectina	1,9	34,7	0,0	0,1	0,6	0,2
Clorpirifós 48 CE	0,8 L/ha	Clorpirifós	48	26,9	0,7	2	23,8	8,8
Engeo 247 ZC	300cc/ha	Tiametoxam	14,1	33,3	0,5	1	5,7	2,4
		Lambda-cihalotrina	10,6	44,2	0,1	0,6	2,9	1,2
Engeo 247 ZC	300cc/ha	Tiametoxam	14,1	33,3	0,5	1	5,7	2,4
		Lambda-cihalotrina	10,6	44,2	0,1	0,6	2,9	1,2
Lorsban 4E	0,8 L/ha	Clorpirifós	48	26,9	0,7	2	23,8	8,8
<b>Coefficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>25,1</b>

**Cuadro 9.** Coeficiente de Impacto ambiental estrategia C (INIA).

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% I.A.	CIA (I.A.)	Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
Neem-X	250 cc/HL	Azadirachtina	0,4	12,1	0	0	0,1	0,03
Absoluto 70 WP	10 g/HL	Imidacloprid	70	36,7	0,4	0,2	3,2	1,3
Absoluto 70 WP	10 g/HL	Imidacloprid	70	36,7	0,4	0,2	3,2	1,3
<b>Coefficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>2,57</b>

### 2.1.2.2. Eficacia de los programas de control fitosanitarios

A continuación, se presentan comentarios respecto de la eficacia agronómica obtenida de las estrategias implementadas para el control de insectos. Es importante precisar que en ninguna de las tres estrategias evaluadas se registró la enfermedad causada por el virus de la mancha necrótica del impatiens (INSV).

#### Estrategia A

Aun cuando fueron realizadas siete aplicaciones de insecticidas, la estrategia A fue la menos eficaz en controlar al pulgón de la lechuga *N. ribisnigri* encontrándose a cosecha en promedio 10 pulgones por planta (n= 20).

Lo anterior tiene relación directa con el hecho que los ingredientes activos Metomil y Metamidofos son considerados perjudiciales para los principales controladores biológicos de éste áfido (Coccinellidae, Syrphidae) (IOBC Pesticide Side Effect Database, 2017).

Junto a lo anterior, por el hecho de realizar aplicaciones reiteradas de los ingredientes activos antes citados en los sistemas productivos de la Región de Coquimbo, es posible que algunas poblaciones de *N. ribisnigri* hayan generado resistencia.

**Estrategia B**

En este caso se registró una población elevada de *N. ribisnigri* a cosecha, lo cual se podría asociar al potencial impacto de los ingredientes activos utilizados sobre los controladores biológico de esta plaga, así como también a la aplicación en momentos inadecuados.

**Estrategia C**

INIA sólo registró la presencia promedio de 1,5 individuos vivos de *N. ribisnigri* en un total de 20 plantas evaluadas.

El **Cuadro 10** presenta los principales resultados de los programas aplicados

**Cuadro 10.** Eficacia de estrategias en el control de plagas.

Estrategia	Nº promedio de pulgones por planta a cosecha (n=20)	Porcentaje de plantas con virus de la mancha necrótica del impatiens
A	10,1	0%
B	8,6	0%
C	1,5	0%

**2.1.2.3. Conclusiones**

La estrategia propuesta por INIA, basada en el monitoreo de los insectos plagas mediante trampas cromáticas amarillas y conteos directos en planta, demostró ser altamente eficiente en el control de *N. ribisnigri* y *F. occidentalis*.

Además de ser eficiente en la mitigación de las principales plagas asociadas a lechuga, el programa aplicado sobre la base estratégica definida permite lograr adicionalmente un bajo impacto ambiental.

## 2.2. Estrategias de control de plagas en el cultivo de acelga

Se utilizó la acelga variedad Penca Blanca por ser la variedad más utilizada en el sector hortícola de Pan de Azúcar. El cultivo fue de almácigo y trasplante sin aplicación de insecticidas, y establecido en campo el día 28-09-2015 en platabandas de 75 cm de ancho sobre los cuales se dispuso dos hileras a 35 cm de distancia.

### 2.2.1. Estudios de caso

#### Estrategia A

La estrategia A corresponde al programa fitosanitario típico para el control de plagas de acelga realizado por productores de Pan de Azúcar (Cuadro 10).

Las aplicaciones de insecticidas en esta estrategia fueron realizadas de

acuerdo a calendario de igual forma a lo que realizan los agricultores.

#### Estrategia B

La estrategia B, corresponde a una propuesta INIA basada en el monitoreo mediante trampas cromáticas amarillas y la revisión de 20 plantas al azar.

Si bien no existen umbrales de acción establecidos para el control de plagas en acelga, se consideró lo siguiente en la estrategia INIA (B):

- *Liriomyza huidobrensis*, capturas diarias en trampas cromáticas de 60 individuos.
- *Myzus persicae*, aplicaciones tempranas y localizadas a focos.
- Complejo de noctúideos: Porcentaje igual o superior a 10% de plantas con daños por alimentación o presencia de larvas.

El detalle de las estrategias evaluadas se expone en el **Cuadro 11**.

**Cuadro 11.** Estrategias fitosanitarias evaluadas.

Estrategia A		
Fecha	Producto Comercial	Ingrediente Activo
29/10/2015	Engeo + Clorpirifós 50% WP	Tiametoxam y Lambda Clorpirifós
12/11/2015	Clorpirifós 50% WP	Clorpirifós
Estrategia B (INIA)		
Fecha	Producto Comercial	Ingrediente Activo
04/11/2015	Engeo 247 ZC	Tiametoxam y Lambda-cihalotrina
12/11/2015	Engeo 247 ZC	Tiametoxam y Lambda-cihalotrina



## 2.2.2. Resultados de los programas fitosanitarios aplicados

### 2.2.2.1. Impacto ambiental según estrategia

Si bien no se registró una disminución significativa en el número de aplicaciones realizadas en la estrategia INIA (B), la selección y dosis utilizada de Engeo permitieron reducir el Coeficiente de Impacto Ambiental en campo (**Cuadros 12 y 13**).

Para el caso de la estrategia A (agricultor) el uso de insecticidas en base al ingrediente activo Clorpirifós, incrementó el componente ecológico de la estrategia, influyendo en la generación de un incremento del impacto ambiental calculado para campo (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Coeficiente de impacto ambiental estrategia A.

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% I.A.	CIA (I.A.)	Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
Engeo	200 cc/ha	Tiametoxam	14,1	33,3	0,3	0,2	1,9	0,8
		Lambdacihalotrina	10,6	44,2	0,1	0,4	2,0	0,8
Clorpirifós 50% WP	100 g/hl	Clorpirifós	50	26,9	0,4	1,1	12,9	4,8
Clorpirifós 50% WP	100 g/hl	Clorpirifós	50	26,9	0,4	1,1	12,9	4,8
<b>Coeficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>11,2</b>

**Cuadro 13.** Coeficiente de impacto ambiental estrategia B (INIA).

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% I.A.	CIA (I.A.)	Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
Engeo	100 cc/ha	Tiametoxam	14,1	33,3	0,1	0,1	0,9	0,4
		Lambdacihalotrina	10,6	44,2	0,0	0,2	1,0	0,4
Engeo	100 cc/ha	Tiametoxam	14,1	33,3	0,1	0,1	0,9	0,4
		Lambdacihalotrina	10,6	44,2	0,0	0,2	1,0	0,4
<b>Coeficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>1,5</b>

### 2.2.3. Eficacia de los programas de control fitosanitarios aplicados

En cuanto a la eficacia de las estrategias agrícolas e INIA, el **Cuadro 14** expone los principales resultados.

A cosecha (primer corte), en ninguna de las estrategias (A y B) se detectó presencia de *M. persicae* evidenciando que los insecticidas utilizados en ambas estrategias fueron eficaces en el control de esta plaga.

Fue detectado daño en hojas provocados por mosca minadora, sin embargo, el daño correspondía a punturas de alimentación por adultos y no a galerías provocadas por larvas.

Sólo en la estrategia INIA, se detectó presencia de daño por noctuideos (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Eficacia de estrategias en el control de plagas.

Estrategia	N° promedio de pulgones por planta a cosecha (n=20) (primer corte)	Hojas con presencia de daños por <i>L. huidobrensis</i>	Hojas con presencia de daños por noctuideos
A	0	1%	0%
B	0	1%	1%

### 2.2.4. Conclusiones

La estrategia propuesta por INIA, basada en el monitoreo de los insectos plagas mediante trampas cromáticas amarillas y conteos directos en planta redujo el impacto ambiental pero no el uso de insecticidas sintéticos.

## 2.3. Estrategia de control de plagas en el cultivo de espinaca

Se utilizó la espinaca de hojas lisas variedad Viroflex por ser la variedad más utilizada en el sector hortícola de Pan de Azúcar. El cultivo fue realizado mediante siembra directa en líneas dispuestas sobre platabandas de 75 cm de ancho con 2 hileras pareadas. La siembra fue realizada el día 28-09-2015.

### 2.3.1. Estudios de caso

Las estrategias A, corresponde al programa fitosanitario modelo para el control de plagas realizados por productores de espinaca de Pan de Azúcar respectivamente (**Cuadro 15**).

**Cuadro 15.** Eficacia de estrategias en el control de plagas en cultivo de espinacas.

Estrategia A (Agricultor)		
Fecha	Producto Comercial	Ingrediente Activo
22/10/2015	Trigard 75 WP	150 g/ha
04/11/2015	Proclaim 05 SG	300 g/ha
12/11/2015	Vertimec 018 EC	500 cc/ha
Estrategia B (INIA)		
Fecha	Producto Comercial	Ingrediente Activo
22/10/2015	Vertimec 018 EC	500 cc/ha
12/11/2015	Proclaim 05 SG	300 g/ha

Las aplicaciones de insecticidas en esta estrategia fueron realizadas de acuerdo a calendario, de igual forma a lo realizado por los agricultores del sector.

La estrategia B, corresponde a una propuesta INIA basada en el monitoreo mediante trampas cromáticas amarillas y la revisión de 20 plantas al azar.

Si bien no existen umbrales de acción establecidos para el control de plagas en espinaca, se consideró lo siguiente en la estrategia INIA (B):

- *Liriomyza huidobrensis*: capturas diarias en trampas cromáticas de 60 individuos.
- Complejo de noctúideos: Porcentaje igual o superior a 10% de plantas con daños por alimentación o presencia de larvas.

### 2.3.2. Resultados de los programas de control fitosanitario aplicados

#### 2.3.3. Impacto ambiental según estrategia

No fue registrada una disminución significativa en el número de aplicaciones realizadas en la estrategia INIA (B). De igual forma el impacto ambiental de ambas estrategias es bajo (**Cuadro 16 y 17**).

**Cuadro 16.** Impacto ambiental estrategia A.

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% I.A.	CIA (I.A.)	Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
Trigard	150 g/ha	Ciromazina	75	18,3	1,3	0,7	3,5	1,8
Proclaim 05 SG	300 g/ha	Benzoato de emamectina	5	26,3	0,1	0,1	0,9	0,4
Vertimec 018 EC	500 cc/ha	Abamectina	1,8	34,7	0	0,1	0,7	0,3
<b>Coefficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>2,5</b>

**Cuadro 17.** Impacto ambiental estrategia B.

Producto	Dosis utilizada	Ingrediente activo	% I.A.	CIA (I.A.)	Consumidor	Trabajador	Ecológico	CIA
Vertimec 018 EC	500 cc/ha	Abamectina	1,8	34,7	0	0,1	0,7	0,3
Proclaim 05 SG	300 g/ha	Benzoato de emamectina	5	26,3	0,1	0,1	0,9	0,4
<b>Coefficiente de Impacto Ambiental de campo (CIA)</b>								<b>2,5</b>

### 2.3.4. Eficacia de los programas de control fitosanitario aplicados

En cuanto a la eficacia de las estrategias implementadas por el agricultor como el INIA, como se expone en el **Cuadro 18**, ambas estrategias fueron eficaces en el control de los insectos plagas asociados al cultivo.

**Cuadro 18.** Eficacia de estrategias en el control de plagas.

Estrategia	Nº promedio de pulgones por hoja a cosecha (n=20)	Hojas con presencia de galerías o daños o cortadores
A	0	0%
B	0	0%

### 2.3.5. Conclusiones

La estrategia propuesta por INIA, basada en el monitoreo de los insectos plagas mediante trampas cromáticas amarillas y conteos directos en planta, redujo el impacto ambiental pero no el uso de insecticidas sintéticos.