

# Manejo Integrado de Resistencia (MIR) y selectividad de plaguicidas

R. Vargas • N. Olivares • A. Ubillo

## Resistencia

### Introducción

En la producción agrícola es importante manejar la densidad poblacional de las plagas, manteniéndolas a niveles ínfimos. El uso de productos químicos ha llevado al desarrollo de resistencia como una consecuencia natural de los procesos evolutivos relacionados con la selección natural de las especies. Este fenómeno corresponde a una condición heredable que poseen ciertos individuos en una población, lo que le confiere una menor susceptibilidad a los métodos utilizados para su control. El o los genes que permiten a un individuo sobrevivir puede existir en una población o aparecer por mutaciones. Estos individuos, en condiciones normales, representan un pequeño porcentaje de la población, debido a su baja competitividad con otros individuos de su especie. Sin embargo bajo una presión de selección, como lo es el control químico, dicha condición genética lo hace sobrevivir, lo que trae como consecuencia el desbalance de la población, es decir, el pequeño porcentaje de individuos resistentes comienza a desarrollarse y multiplicarse, debido a la poca competencia que encontrará poscontrol con los organismos más susceptibles. Actualmente la condición de los organismos resistentes esta siendo predominante en las poblaciones de plagas, con la capacidad de ser resistentes a uno o más plaguicidas.

Además, la pérdida de susceptibilidad genera, un aumento en la frecuencia de las aplicaciones y en la concentración de los plaguicidas utilizados, lo que determina una mayor contaminación ambiental (agua-aire-suelo), implicando mayores riesgos para la salud humana.

El problema de resistencia comenzó a difundirse a partir de 1940, tiempo en el cual los plaguicidas fueron utilizados en forma masiva por los agricultores de Estados Unidos. Las primeras referencias aportadas sobre la resistencia a los plaguicidas se detectaron en 1914 en EE.UU. para escama de San José, *Quadraspidiotus perniciosus*.

En 1938 se conocían 7 especies entre insectos y ácaros que presentaban resistencia a DDT. Posteriormente, en 1970 la FAO reportó casos de resistencia en 392 especies de insectos y ácaros. Luego, en 1984 se conocieron 447 especies de insectos y ácaros resistentes a DDT, 100 especies de plantas patógenas, 55 especies de malezas, 2 especies de nemátodos y 5 especies de roedores. Actual-

mente hay más de 500 casos de resistencia a insecticidas y acaricidas (IRAC 2007).

La resistencia ha sido uno de los problemas más importantes que enfrenta la producción agrícola a nivel mundial, tanto así que las Naciones Unidas en 1989, consideró la resistencia a los plaguicidas, entre los cuatro problemas de mayor importancia para el medio ambiente, por lo que dispuso una cantidad importante de recursos orientados a la solución de este problema.

Uno de los casos más estudiados de resistencia corresponde al escarabajo colorado de la papa *Leptinotarsa decemlineata* S., plaga que por su extrema habilidad para desarrollar resistencia a los insecticidas y la falta de factores de mortalidad natural, lo han hecho poseedor de una larga historia de exposición a los plaguicidas, llegando a reportar 1200 veces más resistente comparado con poblaciones susceptibles.

En China el gusano del algodón, *Helicoverpa armigera*, constituyó un problema desde 1984 por su rápido desarrollo de resistencia a los cuatro plaguicidas de mayor uso en el Norte de este país, provocando enormes pérdidas económicas.

En la India, en 1968 se reportó la primera detección de resistencia en la polilla de la col, *Plutella xylostella*, para DDT y Parathion, demostrando una extraordinaria habilidad para crear resistencia a varios insecticidas sistémicos, lo que ha causado una pérdida de eficiencia de los métodos de control en los cultivos de crucíferas de ese país.

En Chile, existen antecedentes sobre el nivel de resistencia de plagas agrícolas a los plaguicidas y se han mencionado algunos casos en polilla del tomate *T. absoluta*, gusanos cortadores, *Spodoptera spp*, polilla de la col, *Plutella xylostella*, moscas de la cebolla, *Delia antiqua* y *Delia platura*, arañita carmín *Tetranychus cinnabarinus* y trips de California *Frankliniella occidentalis*.

### Definición

Para entender el concepto de resistencia es necesario diferenciarlo con el término tolerancia, el cual está referido a insectos y ácaros que poseen la habilidad de sobrevivir bajo ciertos niveles de exposición a los plaguicidas. La resistencia corresponde a "la reducción en la susceptibi-

alidad de una población y se evidencia mediante repetidas fallas en la efectividad de un producto, disminuyendo las expectativas de control al ser usado a la dosis recomendada para la plaga y donde las fallas por almacenamiento del producto, aplicación y factores climáticos poco frecuentes pueden ser eliminados" IRAC (*Insecticide Resistance Action Committee*).

## Condiciones para la ocurrencia de resistencia

Se ha mencionado que el fenómeno de la resistencia a plaguicidas, está vinculado a la coevolución de las especies, donde los organismos resistentes sobrevivieron a través del tiempo a la acción de sustancias químicas que defienden a las plantas contra los herbívoros. Esto indica que existe una capacidad intrínseca de las especies de adaptarse a los factores de selección promotores de resistencia.

Todas las estrategias del control de plagas utilizadas por el hombre han ejercido presiones de selección de resistencia, eliminando los individuos susceptibles. Es posible que la disrupción del apareamiento por feromonas y las plantas transgénicas sean probablemente las próximas estrategias que sufran del proceso de selección de resistencia y su expresión dependerá de la intensidad seleccionadora que ejerzan sobre las poblaciones.

Como todo proceso evolutivo de selección, la resistencia requiere de cuatro componentes para expresarse. Primero, la población debe exhibir variación de respuesta al factor de selección, esta variación puede ocurrir como resultado de mutaciones, flujo genético o recombinación sexual. Segundo, una proporción de la población debe morir por causa de la selección (susceptibles). Tercero, los sobrevivientes deben adaptarse al factor de selección (resistentes). Cuarto, debe ocurrir la reproducción de los sobrevivientes, para permitir el paso de este factor genético a las próximas generaciones y aumentar la frecuencia del gen portador de la resistencia en las siguientes generaciones.

## Mecanismos de resistencia

Existen diferentes mecanismos en que las plagas pueden llegar a ser resistente a los plaguicidas:

- **Resistencia metabólica.** Corresponde al mecanismo típico expresado por los insectos, rompiendo la estructura de los plaguicidas mediante el sistema enzimático pudiendo degradar un amplio espectro de plaguicidas. Es decir, las enzimas detoxificadoras son utilizadas para romper la invasión del plaguicida (toxina) en el cuerpo del insecto. Este mecanismo de resistencia puede manifestarse en plaguicidas pire-

troides y carbamatos. El primer caso de resistencia metabólica reportado correspondió al detectado en mosca doméstica con el uso de DDT. Otros ejemplos corresponden a la polilla del repollo, polilla de la manzana y arañas.

- **Resistencia al lugar de acción.** Corresponde al segundo mecanismo más común de resistencia y está referida al cambio en la estructura del sitio o al número de sitios donde el plaguicida causa toxicidad sobre el insecto.

Generalmente, los insecticidas actúan en un sitio específico del insecto, habitualmente en el sistema nervioso del insecto (piretroides, organofosforados y carbamatos). El sitio de acción puede ser modificado por razas resistentes impidiendo la acción del insecticida. Como resultado, el insecto no será controlado mediante la aplicación de un plaguicida o sólo se afectarán los insectos más susceptibles.

- **Resistencia a la penetración.** Este mecanismo de resistencia se produce en un amplio rango de insecticidas. Consiste en una baja absorción del plaguicida debido a la modificación en la cutícula o en el tracto digestivo del insecto. Esta reducción en la penetración del insecticida se traduce en una menor absorción de la toxina en el cuerpo del insecto comparado con las poblaciones susceptibles. Generalmente, se presenta identificado en mosca doméstica.
- **Resistencia de comportamiento.** Consiste en la pérdida de susceptibilidad por cambio en el comportamiento del insecto frente a los repetitivos programas de control. No es un mecanismo tan importante, sin embargo contribuye en la disminución de la efectividad de la dosis letal del plaguicida. Esta habilidad puede producirse mediante un estímulo dependiente o independiente. El primero se evidencia cuando una plaga evita el contacto con la zona tratada con plaguicida (**repelencia**) y el estímulo independiente ocurre cuando la plaga abandona la zona tratada con el plaguicida hacia un área sin residuos (**irritancia**).

## Resistencia cruzada

Sucede cuando un mecanismo de resistencia, además de permitir pérdida de susceptibilidad de un insecto a un plaguicida, confiere resistencia contra plaguicidas con el mismo modo de acción. El caso típico corresponde al DDT y a los piretroides que a pesar de pertenecer a diferentes grupos químicos comparten el mismo modo de acción, pues ambos actúan sobre la velocidad de los canales iónicos quedando la membrana nerviosa alterada (efecto Knock Down o volteo). El desarrollo de la resistencia al volteo se produce por la expresión del gen Kdr.

## Resistencia múltiple

Los diferentes mecanismos de resistencia pueden combinarse proveyendo de resistencia a plaguicidas de diferentes grupos químicos o modos de acción. Un ejemplo corresponde a la mosca doméstica que es resistente a plaguicidas organofosforados, carbamatos y piretroides.

## Pérdida de susceptibilidad a insecticidas y acaricidas

Un modo de expresar la pérdida de susceptibilidad es mediante el factor o nivel de resistencia (FR) que está definido por la relación entre la concentración letal media de una población de campo y la concentración letal media de una población susceptible o de laboratorio.

$$FR = \frac{CL_{50} \text{ Población resistente}}{CL_{50} \text{ población susceptible}}$$

En el Cuadro 5-1 se indica el factor de resistencia detectado en poblaciones de ácaros e insectos de importancia agrícola a diferentes grupos químicos evaluados en INIA LA Cruz. Así por ejemplo, un alto nivel de resistencia fue encontrado en poblaciones de adultos de la araña

Carmín, *Tetranychus cinnabarinus* al acaricida Cyhexatin, en claveles cultivados en invernadero. Este índice fue el resultado del uso repetitivo del acaricida para el control de la araña, aumentando 51 veces su concentración letal media.

Asimismo, niveles de resistencia han sido encontrados en poblaciones del trips de California, *Frankliniella occidentalis* a los insecticidas dimetoato, metamidofos y spinosad.

En EE.UU., ha sido señalada la resistencia del trips del palto, *Scirtothrips perseae* al insecticida de sabadilla después de 2 años de uso repetido (Humeres y Morse, 2006). Asimismo, para este tisanóptero se han señalado fallas en control de campo utilizando abamectina, siendo confundidas con resistencia. También, se menciona el potencial desarrollo de resistencia sobre abamectina debido a la larga persistencia del producto en el follaje exponiendo así las generaciones de ácaros y trips (Morse, 2007).

En cítricos, se mencionan casos de resistencia para el ácaro del plateado, *Phyllocoptruta oleivora* al acaricida dicofol (Rogers et. Al., 2008). En general, son muchos los casos detectados de pérdida de susceptibilidad de ácaros e insectos a diferentes plaguicidas tales como: abamectina, acrinatrina, dicofol, imidacloprid y thiametoxam.

Cuadro 5-1

Pérdida de susceptibilidad de ácaros e insectos a diferentes plaguicidas.

Plaga	Plaguicidas (ingrediente activo)	Factor de resistencia
Araña bimaclada [ <i>Tetranychus urticae</i> ]	Cyhexatin	2,0
	Clofentezine	1,7
	Propargite	1,0
Araña carmín [ <i>Tetranychus cinnabarinus</i> ] (huevo)	Clofentezine	2,1
Araña carmín [ <i>Tetranychus cinnabarinus</i> ] (adulto)	Cyhexatin	51,0
Polilla del Tomate [ <i>Tuta absoluta</i> ] (larva)	Metamidofos	1,7
	Permetrina	22,9
Polilla de las crucíferas [ <i>Plutella xylostella</i> ]	Metamidofos	2,5
Escama de San José [ <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> ]	Parathion	2,9
Mosquita blanca [ <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ]	Metomilo	2,1
Hormiga argentina [ <i>Linepithema humile</i> ]	Deltametrina	61,0
	Cipermetrina	47,6
Mosca doméstica [ <i>Musca domestica</i> ]	Lambdacihalotrina	2,1
	Deltametrina	16,9
	Ciflutrin	13,9
Trips californiano [ <i>Frankliniella occidentalis</i> ]	Dimetoato	7,4
	Metamidofos*	4,2
	Metomilo	2,0
	Spinosad	1,5

\* Producto sin tolerancia para el mercado de EE.UU., China, Taiwán, Argentina, Brasil, Australia y México en uva de mesa. Fuente: Laboratorio de Toxicología, INIA La Cruz.

En Chile se ha observado algunos casos de fallas en el control de plagas en palto y cítricos, sin embargo aun no existen evidencias que indiquen índice de resistencia.

## Manejo Integrado de Resistencia (MIR)

La resistencia a los plaguicidas es un fenómeno natural, que puede controlarse mediante diferentes acciones dentro de un manejo holístico de plagas. Debe centrarse en el mantenimiento de la susceptibilidad de las plagas a los plaguicidas de manera de prolongar la efectividad de ellos.

Existen factores que influyen en la velocidad de desarrollo de resistencia en una plaga, ellos son:

- **Bióticos:**
  - Número de generaciones por año: usualmente a mayor número de generaciones mayor será el riesgo de aumentar la velocidad de desarrollo de resistencia.
  - Descendencia por generación: generalmente a mayor número de individuos por generación aumentarán las probabilidades de resistencia.
- **Genéticos:**
  - Entre los muchos individuos que componen la población de una plaga, algunos poseen genes que hacen que el plaguicida sea menos tóxico para ellos y estos individuos soportan la acción del plaguicida sin morir. Son precisamente estos que no han muerto los que tienen descendencia y forman las nuevas poblaciones de la plaga que heredan el gen de resistencia.
- **Químicos:**
  - Plaguicidas: principalmente cómo funciona el plaguicida, grupo químico y modo de acción.
  - Persistencia de los residuos: Plaguicidas con alta persistencia en el medio ambiente, implican una prolongada exposición, fomentando una rápida resistencia de las plagas.
  - A mayor dosis, frecuencia y superficie tratada mayor será la rapidez de desarrollo de resistencia.
- **Ecológicos:**
  - Migración: existe un menor riesgo de desarrollo de resistencia si la plaga presenta un mínimo movimiento.
  - Alimentación: las plagas polífagas pueden cambiar de hospedero reduciendo la exposición al plaguicida, aumentando así el riesgo de desarrollo de resistencia.

## Estrategia de Manejo Integrado de Resistencia

1. Realizar aplicación química sólo si se justifica: mediante la implementación de las herramientas del MIP (ver Capítulo 2: *Manejo integrado de plagas*), se debe determinar la necesidad de controlar una población plaga mediante el uso de químicos. Para ello, considerar la densidad de la plaga, época, presencia y acción de los enemigos naturales, umbral económico y época oportuna de aplicación.
2. En programas de control de plagas, se debe alternar los modos de acción de los productos: en el Cuadro 5-2 se indican los diferentes modos de acción por grupos químicos.
3. Los plaguicidas deben utilizarse a la dosis exacta recomendada en la etiqueta. Dosis subletales (menores) contribuyen a la selección de individuos medianamente tolerantes, favorecido la resistencia.
4. Todas las aplicaciones químicas deben realizarse con equipos previamente calibrados. Se debe considerar el uso de un adecuado volumen, presión y velocidad de aplicación, de manera de asegurar una apropiada cobertura del vegetal.
5. Monitoreo de resistencia: debe considerarse la detección temprana de la aparición de resistencia, mediante un seguimiento de los índices de pérdida de susceptibilidad.

## Manejo Integrado de Resistencia en paltos y cítricos

Mediante el manejo convencional de plagas en los cultivos de paltos y cítricos destinados a la exportación, se manifiesta el riesgo de desarrollar resistencia en el control químico de todas las plagas.

En el Palto los plaguicidas aceptados en el Mercado de EE.UU., para el manejo de escamas, araña, trips y chanchito blanco comprenden diferentes grupos químicos. Sin embargo, se presentan 2 situaciones de alto riesgo: la primera corresponde al manejo químico de ácaros que se encuentra limitado al uso exclusivo de abamectinas y azufre y la segunda corresponde al uso repetido de insecticidas de un mismo grupo químico, como neonicotinoides y organofosforados para el control de insectos, lo que hace muy frágil el manejo de resistencia de esas plagas, dado que la exposición de esas poblaciones a un solo plaguicida, acelera la selección de poblaciones resistentes a esos ingredientes activos.

Respecto a cítricos (limones y mandarinas) para el mercado estadounidense, la gama de grupos químicos de acaricidas e insecticidas es mayor. Sin embargo, existe

Cuadro 5-2

Clasificación IRAC 2007, según modo de acción de insecticidas y acaricidas.

Subgrupo químico o materia activa representativa	Lugar de acción
Carbamatos	Inhibidores de colinesterasa
Organofosforados	
Fenilpirazoles	Antagonistas receptor GABA
Piretroides	Moduladores del canal sodio
Piretrinas	
Neonicotinoides	Antagonista receptor nicotínico de acetilcolina
Spinosines	Agonistas/antagonistas receptor del nicotínico acetilcolina
Abamectinas	Activador canal cloro
Fenoxicarb	Miméticos de hormonas juveniles
Piriproxifen	
Clofentezin	Compuestos de modo de acción desconocido o no específico (inhibidores del crecimiento de ácaros)
B.t. var aizawai	Toxinas disruptoras de las membranas digestivas de origen microbiano (incluye cultivos transgénicos que expresan toxinas de B. t)
B.t. var kurstaki	
B.t. var tenebrionensis	
Buprofezin	Inhibidores de la síntesis de quitina tipo 1, homópteros
Acequinocyl	Inhibidores de electrones punto II
Acaricidas METI (inhibidores del transporte de electrones a las mitocondrias)	Inhibidores del transporte de electrones punto 1
Dicofol	Compuestos de modo de acción desconocido a la fecha
Derivados del ácido tetrónico	Inhibidor de síntesis de lípidos

un alto riesgo de resistencia cruzada mediante el uso de carbamatos y organofosforados para el manejo de escamas y chanchito blanco.

### Recomendaciones básicas para el manejo de plagas en paltos y cítricos

1. Desarrollo de una estrategia de manejo de la resistencia, que considere la aplicación de plaguicidas de diferentes modos de acción:
  - a. Aplicación de aceites y neonicotinoides permitirán mantener la susceptibilidad de escamas.
  - b. Aplicación alternadas de aceites, abamectinas, acequinocyl y spiroadicofen permitirán mantener la susceptibilidad de arañas.
  - c. De acuerdo a fenología de las plagas manejar simultáneamente más de una plaga, por ejemplo aplicación de aceite mineral para el manejo de escamas y arañas (llamada dos en una).
  - d. Aplicación alternadas de organofosforados, neonicotinoides, buprofezin y carbamatos, permitirán mantener la susceptibilidad de chanchitos y escamas.
  - e. Evitar realizar una aplicación de organofosforado seguida de una de carbamato y viceversa.
  - f. Aplicación alternadas de neonicotinoides, abamectina, spinosines y carbamatos permitirán mantener la susceptibilidad de trips.
2. Desarrollo de una estrategia de MIP (ver Capítulo 2: *Manejo Integrado de Plagas*):
  - a. Calibrar equipos de aplicación química asegurando una alta calidad la aplicación y control y así disminuir frecuencia de aplicaciones.
  - b. Usar enemigos naturales en momento oportuno.
  - c. Mantenimiento de hospederos alternativos para proveer refugio a EN.

## Selectividad

### Introducción

La mayoría de los plaguicidas utilizados en control de plagas afectan negativamente a los enemigos naturales. Generalmente, por razones de rentabilidad la industria de plaguicidas no considera el desarrollo de productos con selectividad fisiológica sobre los enemigos naturales. Para hacer rentable el desarrollo de productos selectivos, estos deberían tener un amplio espectro de acción sobre plagas y mostrar inocuidad sobre los enemigos naturales, características que solo pueden incorporarse utilizando un conocimiento profundo de los procesos fisiológicos-bioquímicos de las plagas y enemigos naturales.

La selectividad fisiológica se diferencia de la ecológica debido a que la primera es una característica del producto y la última depende del manejo de las plagas y de la comprensión de las características de un compuesto de amplio espectro de acción.

### Tipos de selectividad

#### Fisiológica

Selectividad fisiológica, es la propiedad que tiene un compuesto de causar diferentes niveles de mortalidad en dos taxas distintas cuando es aplicado en concentraciones y condiciones comparables. La diferencia de toxicidad se fundamenta en la capacidad de metabolización de los xenobióticos y el lugar donde el producto químico, basado en una selección crítica del ingrediente activo, dosis, formulación, lugar y momento de aplicación de un plaguicida de amplio espectro interactúa con los procesos bioquímicos del organismo.

#### Ecológica

La Selectividad ecológica, es el uso racional de los productos químicos, basado en una selección crítica del ingrediente activo, oportunidad de uso, dosis, formulación y lugar de aplicación del plaguicida de amplio espectro. El objetivo, es el maximizar la mortalidad de la plaga

minimizando la de los enemigos naturales, para conseguir una relación plaga/enemigo natural favorable a este último, además de minimizar el daño al medio ambiente y salud humana.

A pesar de las ventajas que ofrecen los plaguicidas con selectividad fisiológica, estos son escasos principalmente por la dificultad de su creación, lo que hace que la mayoría de los plaguicidas disponibles en la agricultura sean de amplio espectro. La permanencia de ellos se relaciona con el rápido, económico y confiable control de plagas que ofrecen. Ello requiere una cuidadosa utilización para no generar resistencia ni eliminar los enemigos naturales, empleando la selectividad ecológica.

### Selectividad sobre los principales enemigos naturales en Chile

De acuerdo a la clasificación de toxicidad de los plaguicidas sobre los enemigos naturales entregada por IOBC (*Internacional Organisation for Biological Control*), se observan diferencias en el nivel de toxicidad de los ingredientes activos entre evaluaciones realizadas en laboratorio, semicampo y campo (Cuadros 5-3 y 5-4).

### Selectividad de plaguicidas en parasitoides

En el Cuadro 5-5 se indican los nombres comerciales de los plaguicidas utilizados en las pruebas de selectividad de laboratorio y semicampo, sobre enemigos naturales.

#### *Thripobius semiluteus*

Los insecticidas metomil, abamectina+citroliv, detergente agrícola e imidacloprid son muy dañinos, pudiendo éstos afectar la emergencia de las pupas de *Thripobius*. La toxicidad de thiametoxam, azadiractina, surfactante siliconado, aceite mineral y abamectina son moderadamente dañinos para el parasitoide, mientras que la aplicación de spinosad es inocua de acuerdo la clasificación de la IOBC (Gráfico 5-2).

**Cuadro 5-3**

Clasificación de toxicidad en pruebas de campo y semicampo.

Clasificación	Mortalidad (%)
Sin daño (inocuo) o ligeramente dañino	0 a 50
Moderadamente dañino	51 a 75
Muy dañino	> 75

**Cuadro 5-4**

Clasificación de toxicidad en pruebas de laboratorio.

Clasificación	Mortalidad (%)
Sin daño (inocuo) o ligeramente dañino	0 a 30
Moderadamente dañino	30 a 79
Dañino	80 a 99
Muy dañino	> 99

Cuadro 5-5

Plaguicidas usados en pruebas de selectividad sobre enemigos naturales.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Grupo químico
Aceite mineral	Citroliv miscible	Aceite mineral
Detergente agrícola	TS 2035	Surfactantes y otros
Surfactante siliconado	Silwet L-77	Siliconas-polieter copolímero
Abamectina A	Vertimec 018 EC	Abamectinas
Abamectina B	Fast 1.8 EC	Abamectinas
Spinosad	Success 48	Spinosines
Thiametoxam	Actara 25 WG	Neonicotinoides
Imidacloprid	Confidor Forte 200 SL	Neonicotinoides
Clorpirifos	Lorsban 4E	Organofosforado
Metomil	Lannate 90	Carbamato
Azadirachtina A	Neemix	Limonoides
Azadirachtina B	Trilogy	Limonoides
Buprofezin	Applaud 25 WP	Tiadizinas
Acetamiprid	Mospilan	Cloronicotinil
Extracto quillay	QL Agri	Saponinas
Extracto de canela	Valero	Cinamite
Bifentrin	Talstar 10 EC	Piretroide
Acinatrina	Rufast 75 EW	Piretroide

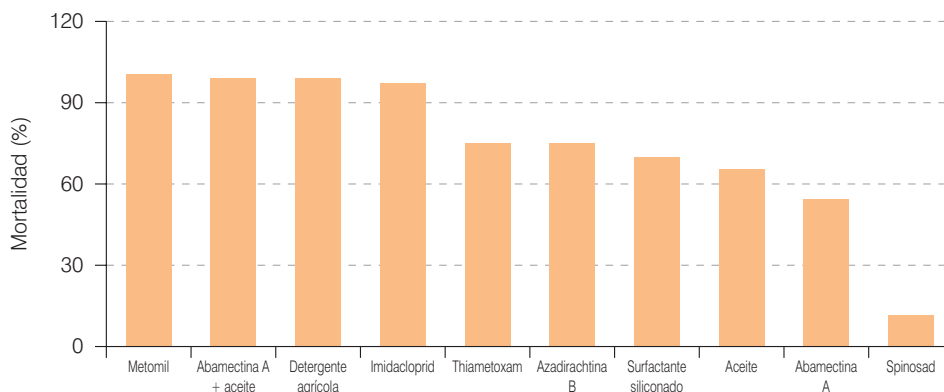


Gráfico 5-2

Toxicidad de 9 insecticidas sobre pupas de *Thripobius semiluteus*, en aplicación directa de laboratorio.

Considerando que spinosad y abamectinas son efectivos sobre trips del palto e inocuo y moderadamente dañino respectivamente para pupas del parasitoide, su uso deberá alternarse con productos con otros modos de acción para evitar el desarrollo de resistencia.

### *Anagyrus pseudococci*

En general, los plaguicidas utilizados en cítricos, aplicados sobre momias de *A. pseudococci*, ocasionan mortalidad

en la emergencia del parasitoide menores al 20% (Gráfico 5-3). Se evaluó plaguicidas en contacto directo con las momias recién formadas, contabilizando los adultos que emergieron 10 días después.

El estado adulto de *A. pseudococci* expuesto a residuos de plaguicidas recién aplicados (1 hora) en placas de Petri, muestran que los neonicotinoides, organofosforado, carbamato y cloronicotinilo son altamente tóxicos (Gráfico 5-4) en cambio buprofezin, aceite, detergente agrícola y

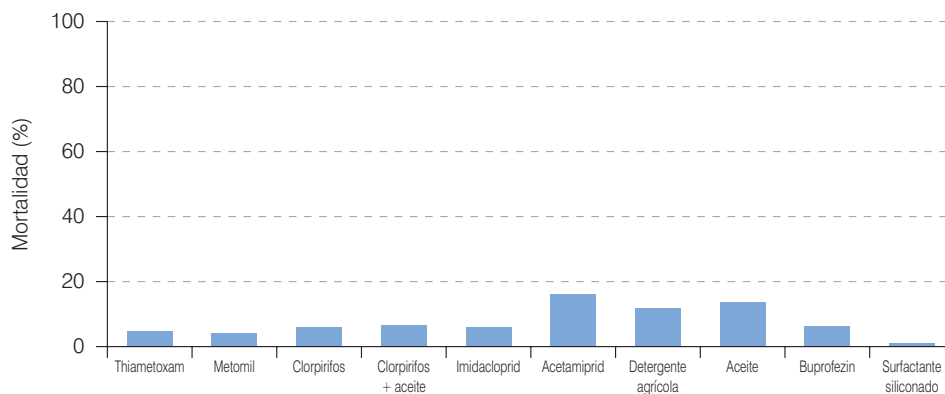


Gráfico 5-3

Toxicidad de insecticidas sobre momias de *Anagrus pseudococci*, en aplicación directa de laboratorio.

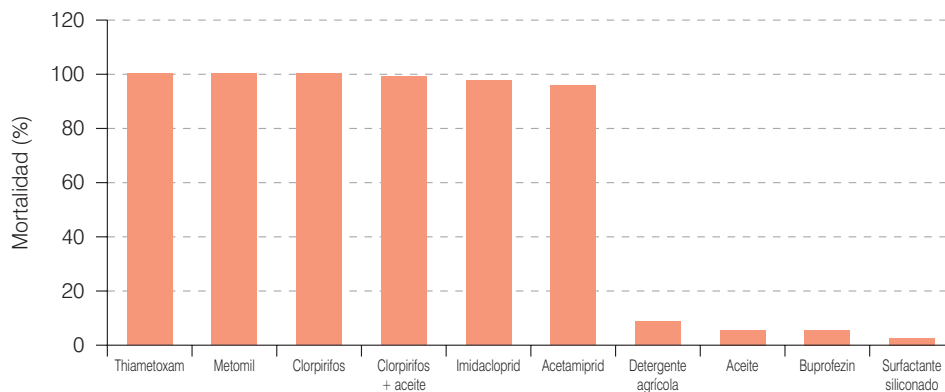


Gráfico 5-4

Toxicidad de insecticidas sobre adultos de *Anagrus pseudococci*, en aplicación residual de laboratorio.

surfactante siliconado son ligeramente dañinos. Respecto a buprofezin, existen pruebas realizadas indicando su inocuidad sobre el parasitoide *Leptomastix dactylopii* utilizando una dosis 4 veces mayor a la recomendada (Cloyd y Dickinson, 2006).

En conclusión para favorecer la sobrevivencia de *A. pseudococci* bajo un programa de manejo integrado de plagas, debe sincronizarse las liberaciones del parasitoide con las aplicaciones químicas, respetando los períodos de pre o postaplicación, considerando el efecto ligeramente dañino sobre momias y dañino sobre los adultos.

### *Aphytis diaspidis*

Los adultos de *A. diaspidis* son altamente sensibles a neonicotinoides, carbamatos y spinosines al exponerlos a residuos en placa de Petri 1 hora después de haber realizado la aplicación (Gráfico 5-5).

## Selectividad de plaguicidas en depredadores

### *Cryptolaemus montrouzieri*

Los insecticidas del grupo neonicotinoide thiametoxam e imidacloprid en aplicación directa en laboratorio son altamente tóxicos para adultos de *C. montrouzieri* alcanzando mortalidad mayores al 80% durante las primeras 48 horas de aplicación (Gráfico 5-6).

Por otra parte pruebas de semi campo en plantas de palto mostraron que los neonicotinoides, thiametoxam e imidacloprid fueron inocuos para *C. montrouzieri* 1 día postaplicación. La abamectina, organosiliconado, detergentes y aceite son productos no dañinos sobre *C. montrouzieri* en cambio el carbamato, causa una alta mortalidad durante el primer día postaplicación, disminuyendo después de 7 días postaplicación (Gráfico 5-7).



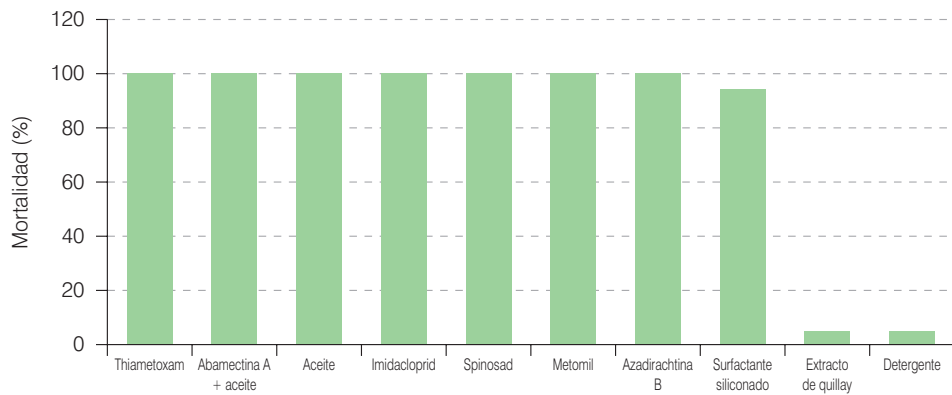


Gráfico 5-5

Toxicidad de plaguicidas sobre adultos de *Aphytis diaspidis*, en aplicación residual de laboratorio.

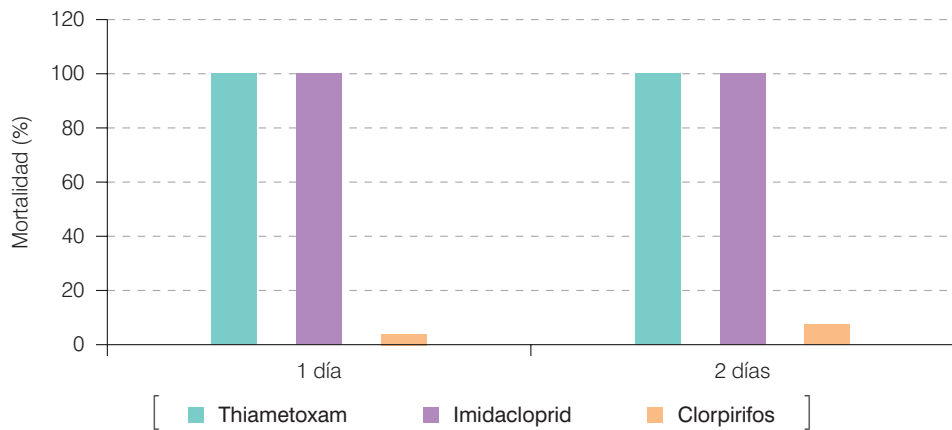


Gráfico 5-6

Toxicidad de insecticidas sobre adultos de *Cryptolaemus montrouzieri*, en aplicación directa de laboratorio.

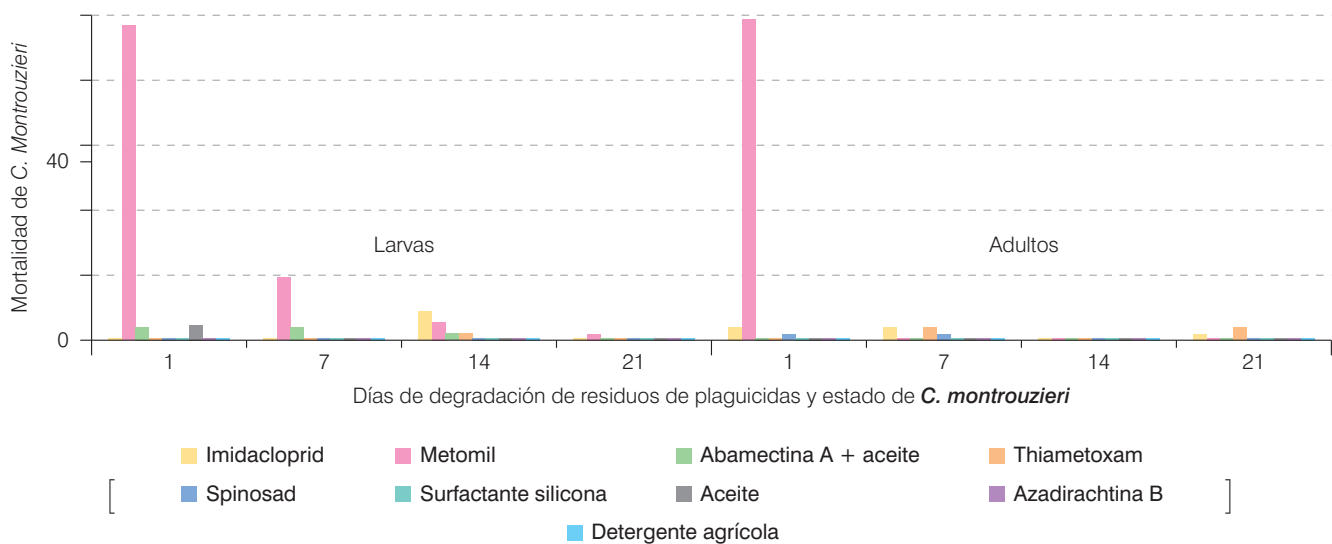


Gráfico 5-7

Toxicidad residual de insecticidas evaluados en semicampo (palto) sobre larvas y adultos de *Cryptolaemus montrouzieri*.

Ello indica que la liberación de *C. montrouzieri* se debe realizar en un periodo superior a 7 días postaplicación cuando se aplique carbamato.

Los productos, abamectina, azadirachtina, aceite mineral y detergente agrícola son inocuos, en cambio el azufre en polvo es ligeramente dañino para *C. montrouzieri* (Gráfico 5-8).

Los acaricidas bifentrin, acrinatrina y abamectina fueron ligeramente dañinos sobre *C. montrouzieri* (Gráfico 5-9).

### *Rhyzobius lophanthae*

Los insecticidas metomilo, metidation e imidacloprid en pruebas de laboratorio, son altamente tóxicos (100% de mortalidad) para adultos del depredador *R. lophanthae*. Esta toxicidad se mantiene hasta 7 días después de aplicado los plaguicidas.

Una alta mortalidad también mostraron larvas de *R. lophanthae* expuestas sobre residuos frescos de neonico-

tinoides, carbamato, neem 2%, aceite 2% y abamectinas, en cambio aceite y neem en menores concentraciones fueron ligeramente dañinos (Gráfico 5-10).

La exposición de adultos y larvas de *R. lophanthae* a residuos de spinosad, aceite, detergente agrícola y saponinas mostraron una baja mortalidad, clasificándose como ligeramente dañino (Gráfico 5-11).

Imidacloprid se clasifica como producto moderadamente dañino, causando mortalidad sobre *Phytoseiulus persimilis*, *Trichogramma cacoeciae*, *Orius laevigatus*, *Aphydius rhopalosiphi*. En el caso del depredador *Typhlodromus pyri*, el neonicotinoide es escasamente dañino en pruebas de campo.

### *Cynodromus picanus*

El depredador *C. picanus* es altamente sensible a productos químicos utilizados en el control de araña roja, al liberarlo 1 hora después de haber realizado la aplicación (Gráfico 5-12). Sin embargo, el nulo efecto residual de

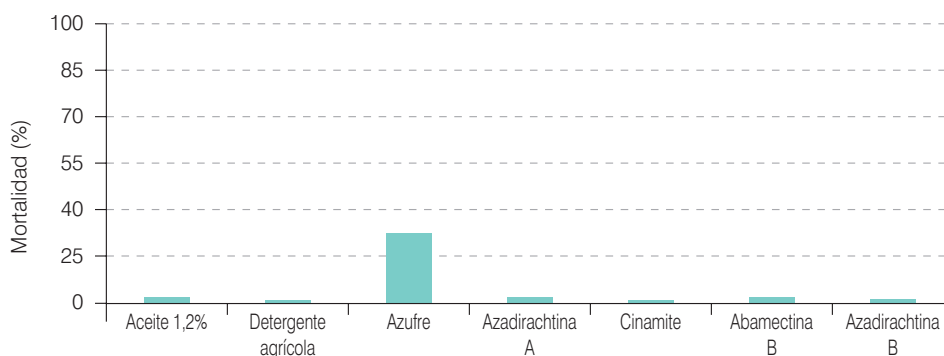


Gráfico 5-8

Toxicidad residual de plaguicidas en laboratorio sobre adultos de *Cryptolaemus montrouzieri* a los 7 días postaplicación.

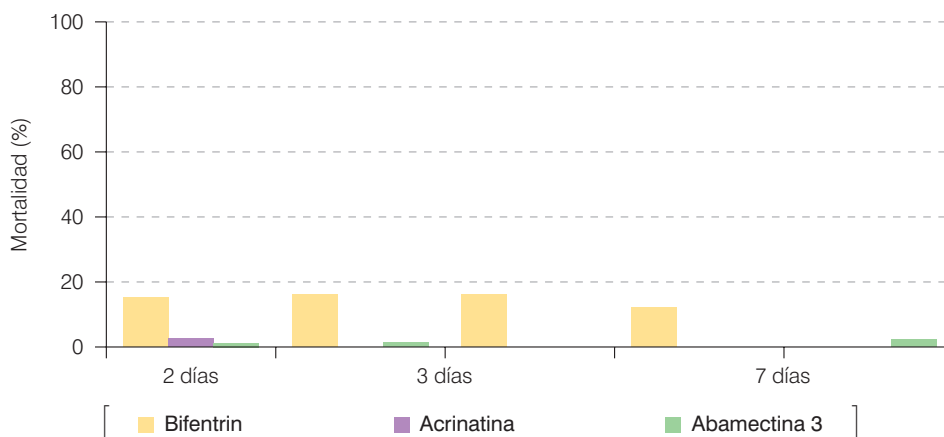


Gráfico 5-9

Toxicidad residual de acaricidas sobre adultos de *Cryptolaemus montrouzieri* en ensayos de semicampo en viñas.

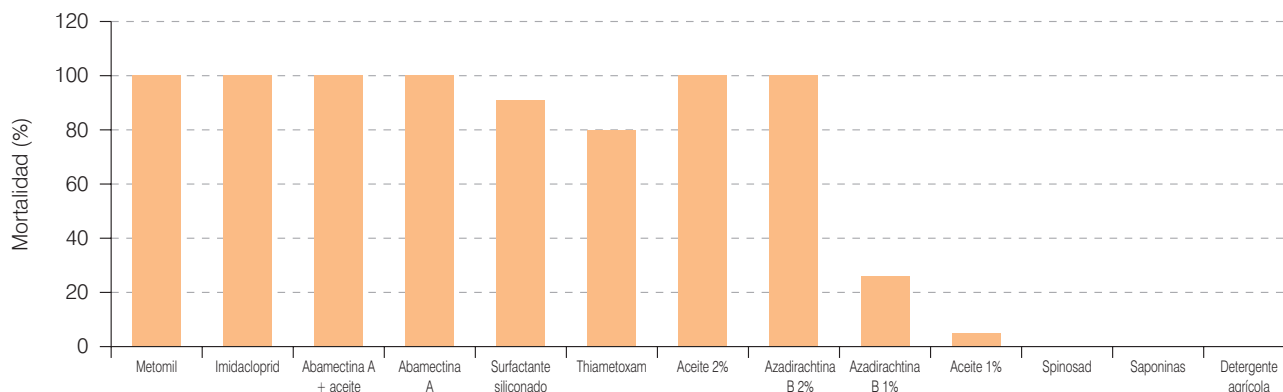


Gráfico 5-10

Toxicidad de plaguicidas sobre larvas de *Rhyzobius lophanthae* en residuos frescos.

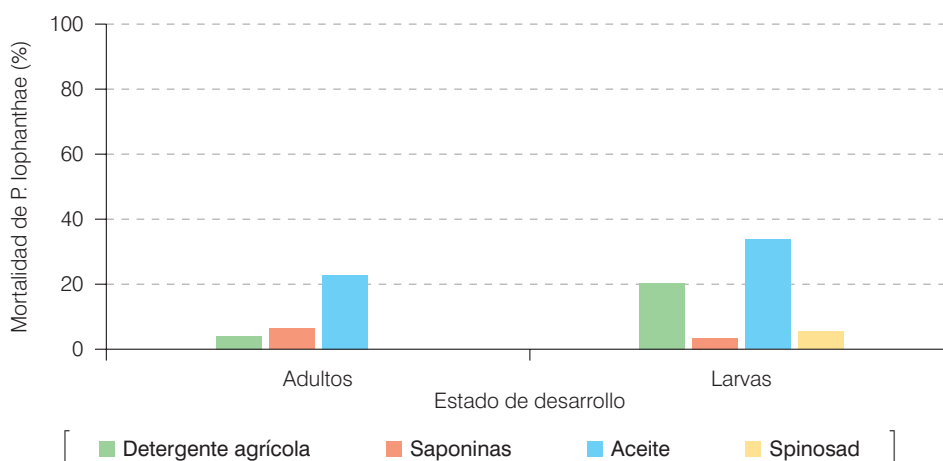


Gráfico 5-11

Toxicidad de plaguicidas sobre larvas y adultos de *Rhyzobius lophanthae* en residuos frescos.

ellos permite la sobrevivencia de los depredadores. En el caso del depredador *Typhlodromus pyri*, el aceite no causa mortalidad una vez secos los residuos.

Respecto a aceite y azadirachtina ocurre un efecto de adherencia que es propia de los productos oleosos sobre estos diminutos parasitoides, impidiendo su sobrevivencia. Azadirachtina corresponde a un producto inocuo para la mayoría de los enemigos naturales a excepción del depredador *Phytoseiulus persimilis* y el parasitoide *Trichogramma cacoeciae*.

En el Cuadro 5-6 se indica el resumen de la toxicidad de los plaguicidas utilizados en el manejo fitosanitarios de paltos y cítricos sobre los principales depredadores y parasitoides.

## Manejo de selectividad para el uso de enemigos naturales en palto y cítricos

1. Conocer la toxicidad sobre los enemigos naturales de los plaguicidas de contacto y residuales usados en cítricos y palto
2. Conocer los períodos de degradación del plaguicida o pérdida de toxicidad residual de los plaguicidas sobre los EN
3. Realizar liberaciones de los EN después del periodo tóxico del plaguicida (selectividad ecológica)
4. Seleccionar razas resistentes de enemigos naturales a plaguicidas (de acuerdo a prospecciones realizadas en campo en lugares con aplicaciones frecuentes de plaguicidas).

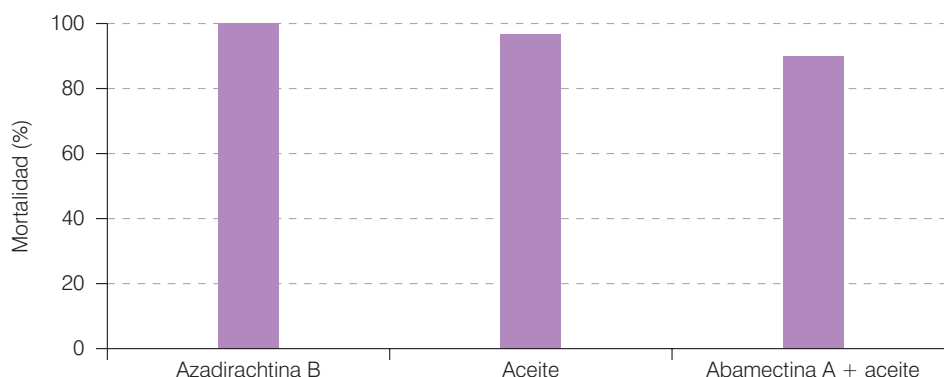


Gráfico 5-12

Toxicidad residual de plaguicidas sobre adultos de *Cydnodromus picanus* en laboratorio.

Cuadro 5-6

Toxicidad de plaguicidas sobre enemigos naturales presentes en paltos y cítricos.

Plaguicida		<i>C. montrouzieri</i>		<i>R. lophanthae</i>		<i>A. pseudococci</i>		<i>A. diaspidis</i>	<i>T. semiluteus</i>	<i>Stethorus histrio</i>
Ingrediente activo	Nombre comercial	Larvas	Adultos	Larvas <sup>[2]</sup>	Adultos <sup>[1]</sup>	Momias <sup>[1]</sup>	Adultos <sup>[2]</sup>	Adultos <sup>[2]</sup>	Pupas <sup>[1]</sup>	Adulto <sup>[2]</sup>
aceite mineral	Citroliv miscible	C	C-L	L	L	L	L	LLLL	LL	LL
detergente agrícola	TS 2035	C	C-L	L	L	L	L	L	LLLL	-
surfactante siliconado	Silwet L-77	C	C	LLL	-	L	L	LLL	LL	-
abamectina A	Vertimec 018 EC	C	C	LLL	-	-	-	-	LL	-
abamectina B	Fast 1.8 EC	-	C-L	-	-	-	-	-	-	-
spinosad	Success 48	-	-	L	L	-	-	LLLL	L	-
thiametoxam	Actara 25 WG	C	C-LLLL	LLL	-	L	LLLL	LLLL	LL	LLLL
imidacloprid	Confidor Forte 200 SL	C	C-LLLL	LLLL	-	L	LLL	LLLL	LLL	LLLL
clorpirifos	Lorsban 4E	-	L	-	-	L	LLLL	-	-	-
metomil	Lannate 90	CCC	CCC	LLLL	-	L	LLLL	LLL	LLLL	LLLL
azadirachtina A	Neemix	-	L	-	-	-	-	-	-	-
azadirachtina B	Trilogy	C	C-L	L	-	-	-	LLLL	LL	LL
buprofezin	Applaud 25 WP	-	-	-	-	L	L	-	-	-
acetamiprid	Mospilan	-	-	-	-	L	LLL	-	-	-
extracto quillay	QL Agri	-	-	L	L	-	-	L	-	-
extracto de canela	Valero	-	L	-	-	-	-	-	-	-
bifentrin	Talstar 10 EC	-	C	-	-	-	-	-	-	-
azufre	Azufre	-	LL	-	-	-	-	-	-	-
acrinatrina	Rufast 75 EW	-	C	-	-	-	-	-	-	-

[1] Aplicación directa.

[2] Aplicación residual.

Porcentaje de Mortalidad sobre enemigos naturales en pruebas de semi campo (C):

C = 0 al 50%

CC = 51 al 75%

CCC = &gt; 75%

Porcentaje de Mortalidad sobre enemigos naturales pruebas de laboratorio (L):

L = 0 al 30%

LL = 30 al 79%

LLL = 80 al 99%

LLLL = &gt; 99%