

Evaluación del estado de resistencia a insecticidas en la polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) en Chile



Historia de la resistencia a insecticidas en la polilla de la manzana en el mundo

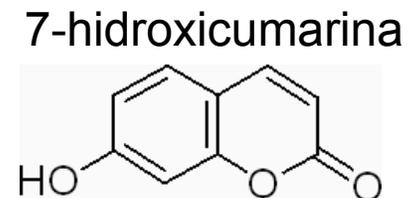
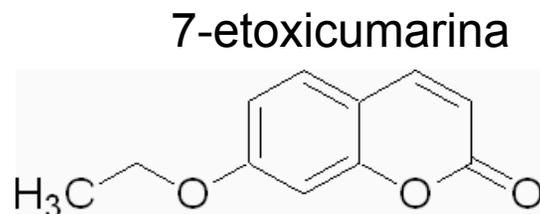
- **Arseniato de plomo** (Hough, 1928)
- **DDT** (Smith, 1955; Glas & Fiori, 1955)
- **Organofosforados** (Riedl et al., 1985; Bush et al., 1993; Varela et al., 1993; Knight et al., 1994; Sauphanor et al., 1996; Charmillot et al., 2000)
- **Piretroides** (Varela et al., 1993; Dunley & Welter, 2000)
- **Insecticidas reguladores del crecimiento** (Moffit et al., 1988; Riedel & Zegler, 1994; Sauphanor & Bouvier, 1995)
- **Virus de la granulosis** (Asser-Kaiser et al., 2007)

Hasta la fecha no se ha reportado resistencia frente a los grupos de insecticidas relativamente más nuevos como los neonicotinoides, avermectinas, espinosinas y diamidas antranilínicas

Principales mecanismos de resistencia

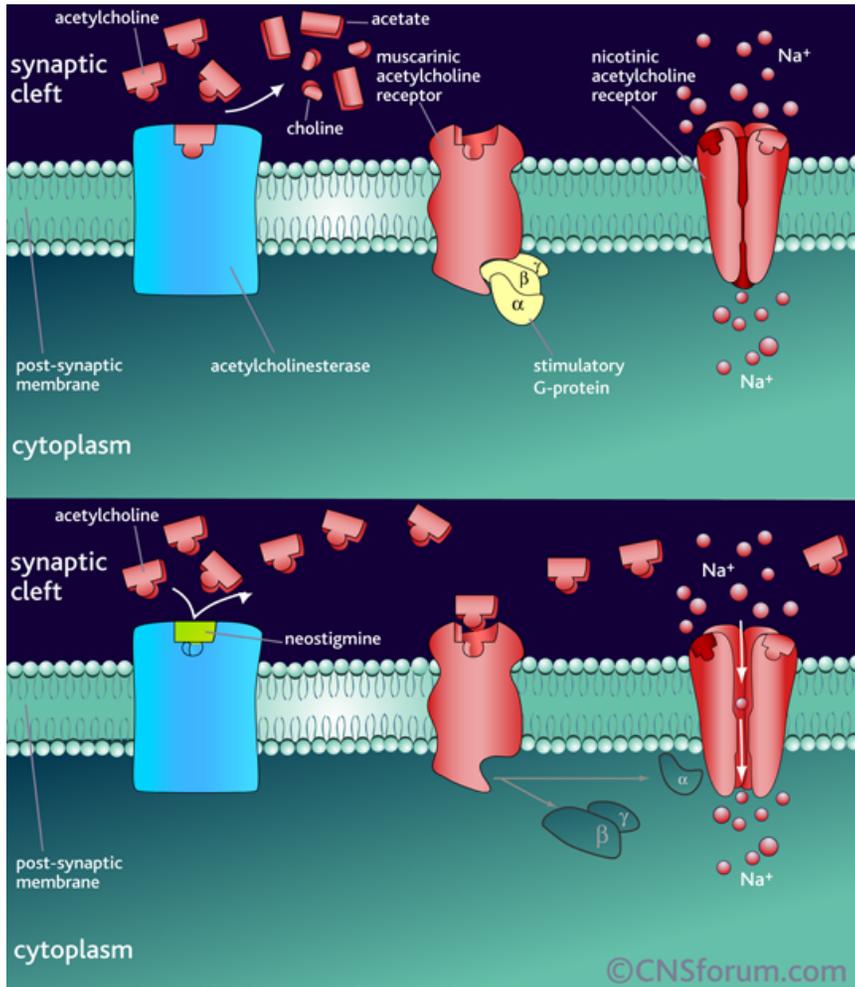
Resistencia metabólica: es producto de la acción de enzimas capaces de detoxificar los insecticidas antes de que éstos alcancen sus sitios de acción. Entre estas enzimas se pueden mencionar las glutation-S-transferasas (GST), oxidasas de función múltiple (MFO) y esterasas.

Poblaciones Europeas de la polilla de la manzana son resistentes a varios grupos de insecticidas debido al aumento de la actividad detoxificadora de GST en más de dos veces y de las enzimas MFO en más de 50 veces (Sauphanor, 1997)

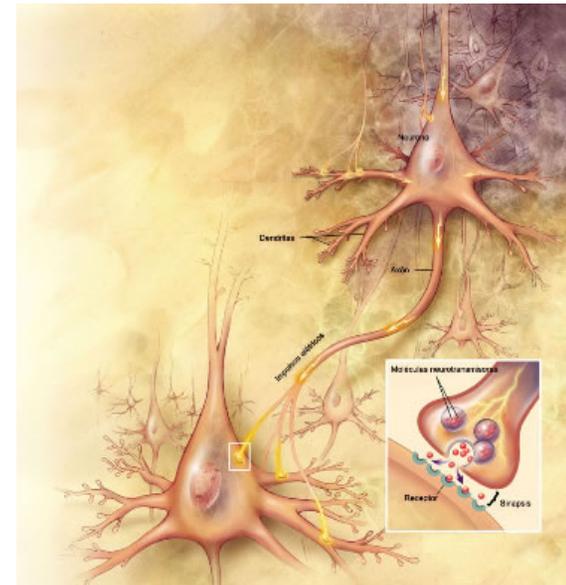


Principales mecanismos de resistencia

Resistencia no metabólica: es producto de la modificación de los sitios activos de las proteínas donde actúan los insecticidas.

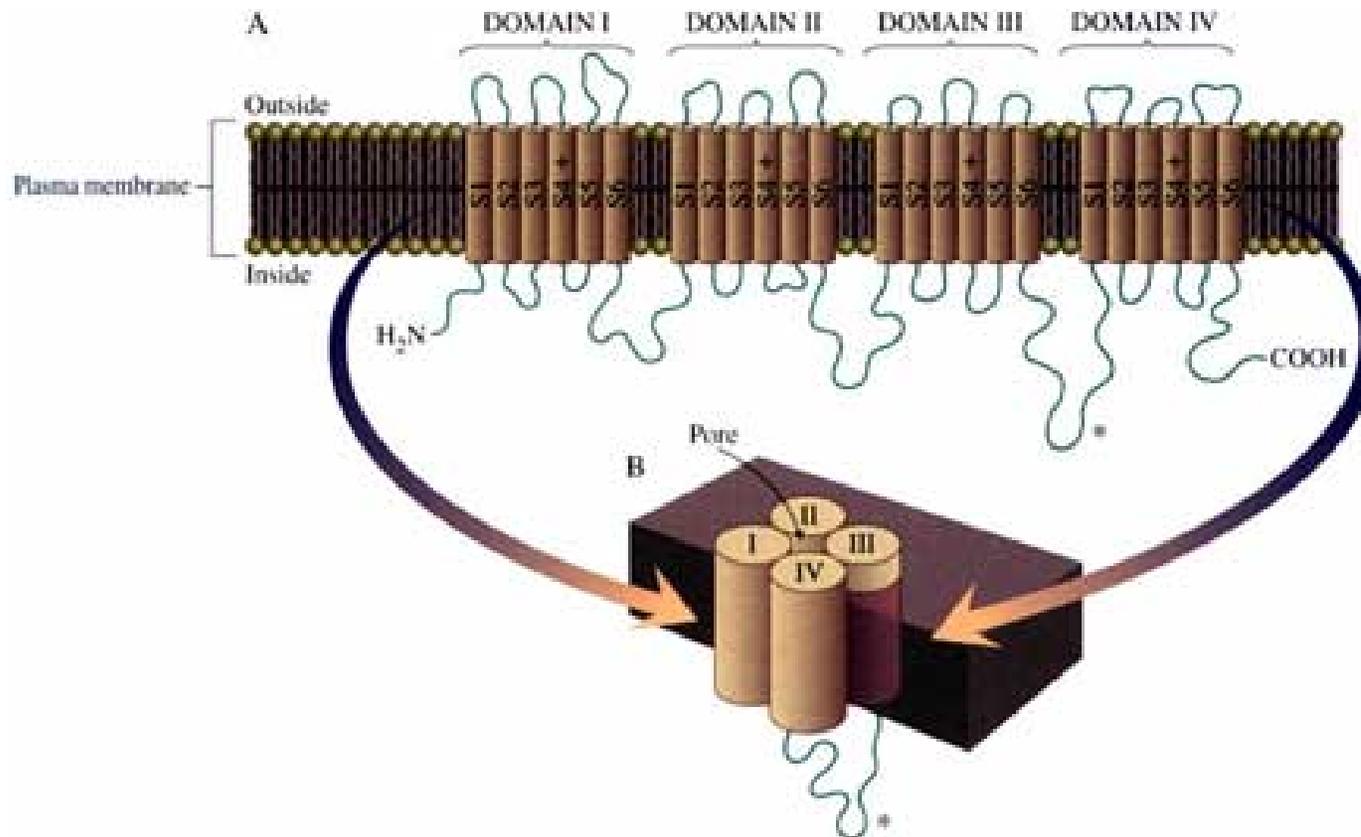


Acetilcolinesterasa insensitiva (*AchE*) a la acción de organofosforados y carbamatos que se ha descrito para poblaciones de la polilla de la manzana en España. (Cassanelli et al., 2006; Reyes et al., 2007)



Principales mecanismos de resistencia

Resistencia al efecto derribante (knock down resistance) o de tipo (*kdr*), correspondiente a una mutación en el canal de sodio que entrega resistencia a piretroides y que se ha encontrado en poblaciones de la polilla de la manzana de Francia y Argentina (Brun-Barale et al., 2005; Reyes et al., 2007)



La resistencia no se restringe a un ingrediente activo o grupo químico

Resistencia cruzada: se produce cuando una población sometida a la presión de selección con un insecticida, adquiere algún mecanismo de resistencia a éste y a otros productos que comparten o no su modo de acción.

Resistencia múltiple: se produce cuando una población sometida a la presión de selección con un insecticida, se hacen resistentes a varios insecticidas, aunque no hayan sido aplicados y no importando su grupo químico o forma de acción, ya que presentan al mismo tiempo varios mecanismos de resistencia.

Se necesita conocer el **mecanismo de resistencia** para distinguir resistencia cruzada y múltiple.

Grupos de insecticidas con igual modalidad de acción (MoA) según IRAC



El Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) ha clasificado los insecticidas y acaricidas en grupos basados sobre su sitio primario de acción (identificados con un número) y subgrupos según su estructura química (identificados por una letra). En la última edición (versión 5.3, Julio de 2007) se reconocen 28 grupos y 29 subgrupos (<http://www.irc-online.org/>).

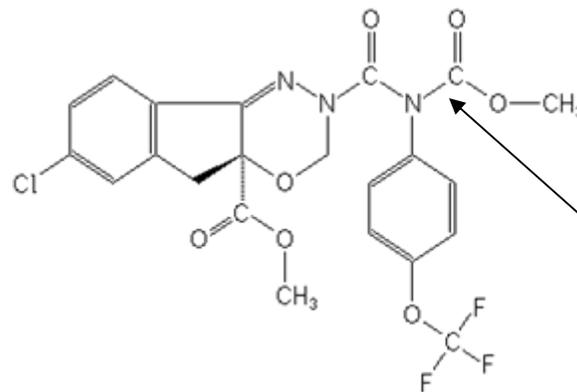
Resistencia a insecticidas en la polilla de la manzana según MoA

Grupo	Subgrupo	Resistencia
1.- inhibidores de la acetilcolinesterasa	A carbamatos	X
	B organofosforados	X
3.- moduladores del canal de sodio	A piretroides	X
4.- agonistas/antagonistas del receptor de acetilcolina	A neonicotinoides	
5.- agonistas del receptor de acetilcolina (alostéricos)	A espinosinas	
6.- activadores de canales de cloro	A avermectinas	
7.- mímicos de la hormona juvenil	B fenoxicarb	
11.- disruptores microbianos de la pared intestinal	B2 <i>Bacillus thuringiensis</i> <i>kurstaki</i>	
15.- inhibidores de la síntesis de quitina	A benzoilureas	X
18.- agonistas de la ecdisona	A diacilhidrazinas	X
22.- bloqueadores del canal de sodio dependiente de voltaje	A indoxacarb	
28.- moduladores del receptor rianodínico	A diamidas antranilínicas	



Nuevos ingredientes activos para el manejo de la polilla de la Manzana

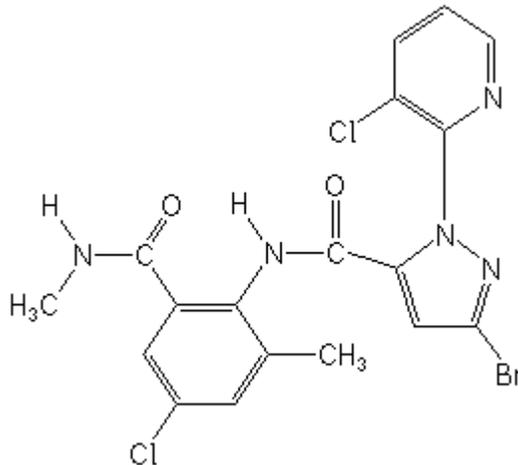
- **Indoxacarb:** (Avaunt 30 WG, DuPont) pertenece al grupo químico de las oxadiazinas (pirazolinas) que bloquea el canal de sodio en una forma diferente a los piretroides.
- Efecto ovicida y larvicida, modo de alcance por ingestión y parcialmente por contacto. Se activa metabólicamente por la acción de enzimas detoxificadoras.
- LD 50 aguda oral 1800 mg/kg y aguda dermal > 5000 mg/kg. Etiqueta azul.
- Registro SAG vigente, registro EPA para pomáceas desde el 2001



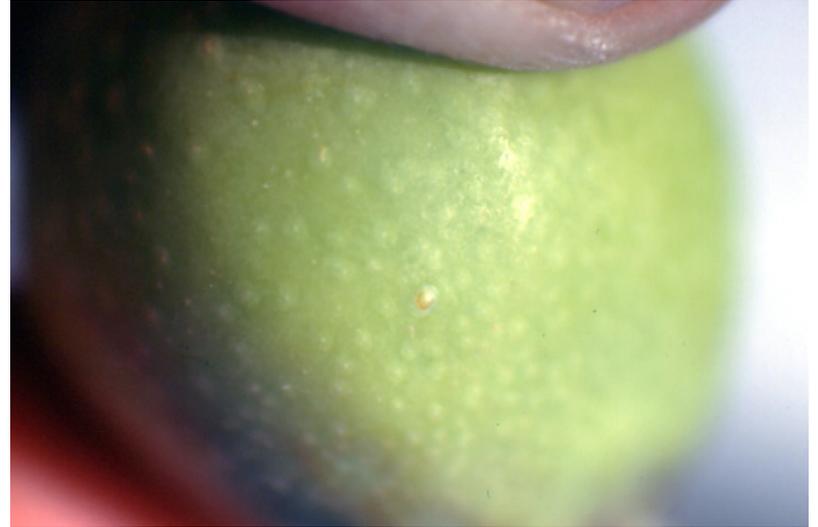
N-metildecaboxilación

Nuevos ingredientes activos para el manejo de la polilla de la Manzana

- **Rynaxypyr:** (Coragen 20 SC, DuPont) pertenece al grupo químico de las diamidas antranilínicas, que activan el receptor rianodínico que controla la liberación de calcio en los músculos. Produce contracción muscular permanente.
- Efecto ovicida y larvicida, como efecto sub-letal que reduce el éxito de la cópula entre adultos. Modo de alcance por ingestión y parcialmente por contacto.
- Registro SAG en proceso, registro EPA en proceso.

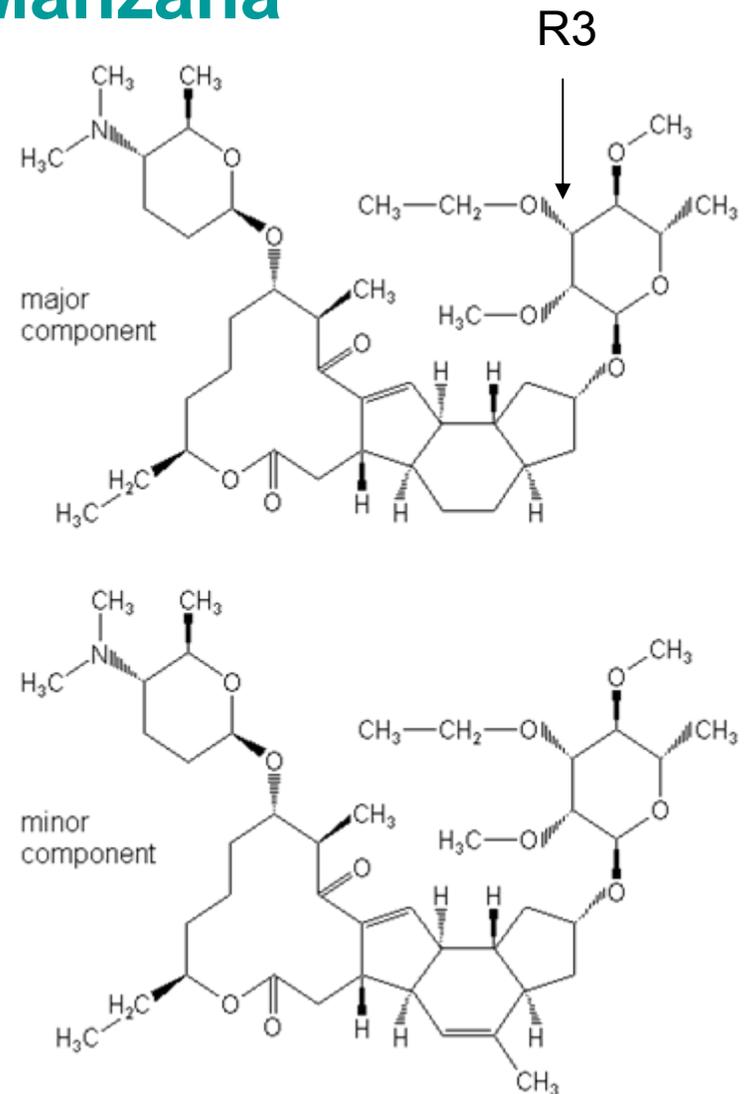


Polilla de la Manzana (*Cydia pomonella*)



Nuevos ingredientes activos para el manejo de la polilla de la Manzana

- **Spinetoram:** (Delegate 25 WG en USA, Dow AgroSciences) pertenece al grupo químico de las espinosinas, al igual que el Spinosad (Success, Entrust). Producto de la fermentación de la bacteria actinomicete *Saccharopolyspora spinosa*.
- Mezcla de espinosinas 10b+9j, que son iguales a espinosinas A y D, pero con grupo etoxi en lugar de metoxi en R3
- Registro EPA en proceso.



Situación para los próximos años...

Organofosforados enfrentando limitaciones por disminución de sus LMR y pérdida de registros en varios mercados (2012 Azinfosmetil caduca su registro EPA en manzanas)

Más que nunca en la historia ingredientes activos y modalidades de acción diferentes para controlar la polilla de la manzana

La utilización de estos nuevos productos como de los más tradicionales que se mantengan, debe ser realizada considerando la mitigación del desarrollo de resistencia a insecticidas



FROM BLOSSOM TO HARVEST

GUTHION[®] alone
controls all major apple
pests ... all season long

Publicidad de azinfosmetil en 1958 en USA, (gentileza de Alan Knight)

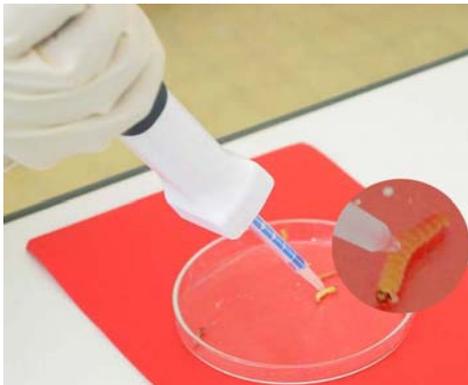
Situación de la resistencia a insecticidas en la polilla de la manzana en Chile: Poblaciones analizadas en las Regiones de O'Higgins y Maule

Huertos analizados: 7 + cepa susceptible de laboratorio

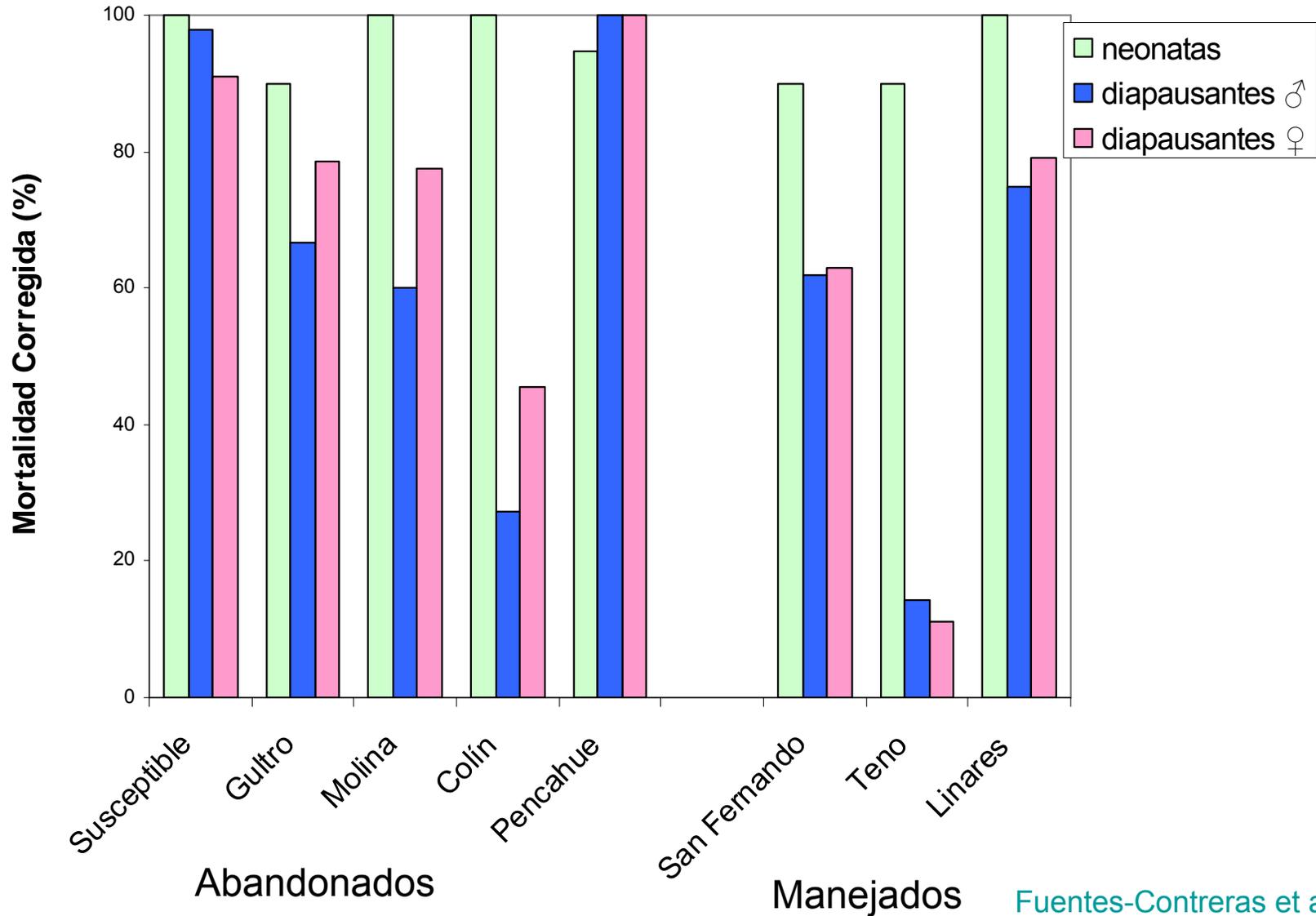
Cuatro abandonados: Gultro, Molina, Pencahue, Colín

Tres con manejo tradicional: San Fernando, Teno, Linares

Evaluación de mortalidad frente a dosis diagnóstico de azinfosmetil sobre larvas neonatas y diapausantes

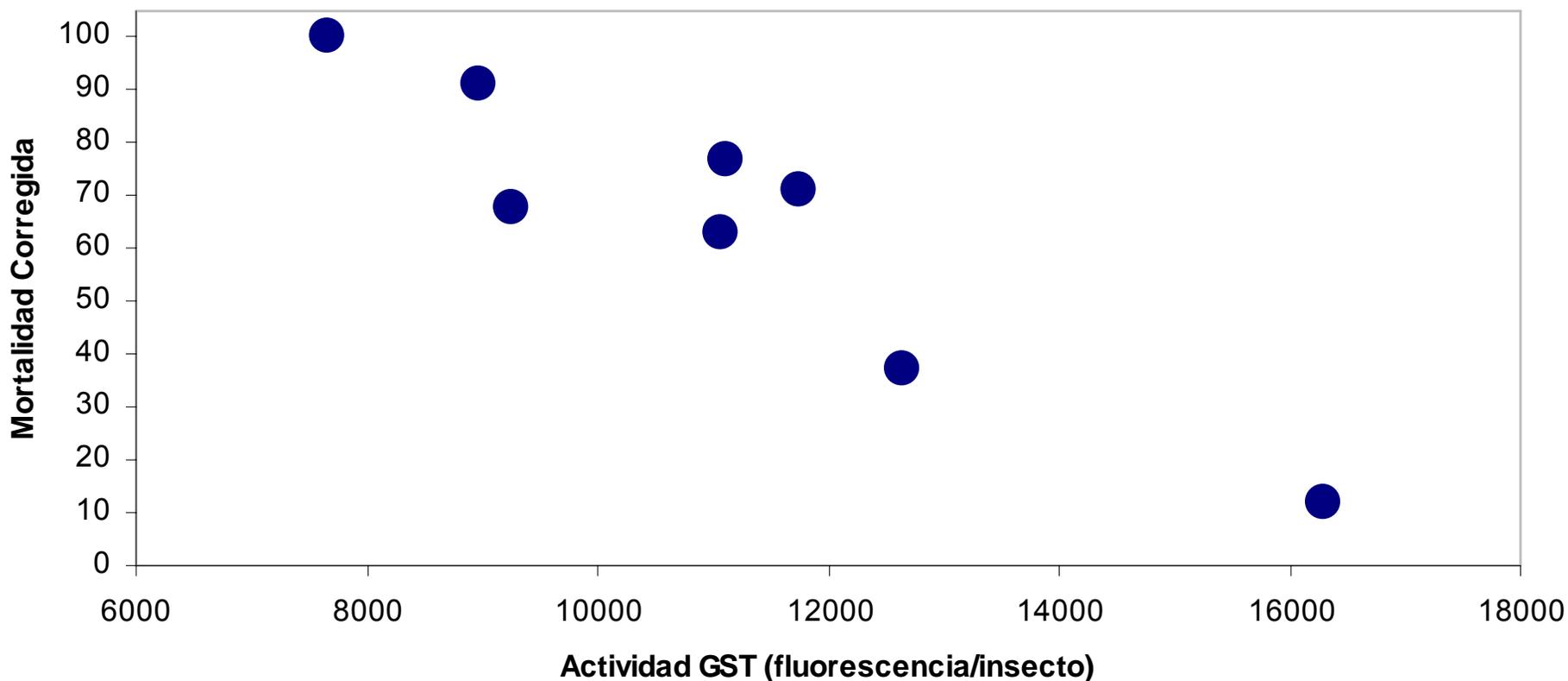


Bioensayos sobre larvas neonatas y diapausantes (dosis diagnóstico azinfosmetil)



Mortalidad corregida frente a dosis diagnóstico de azinfosmetil y actividad de enzimas GST en larvas diapausantes

Mortalidad corregida v/s Actividad de GST

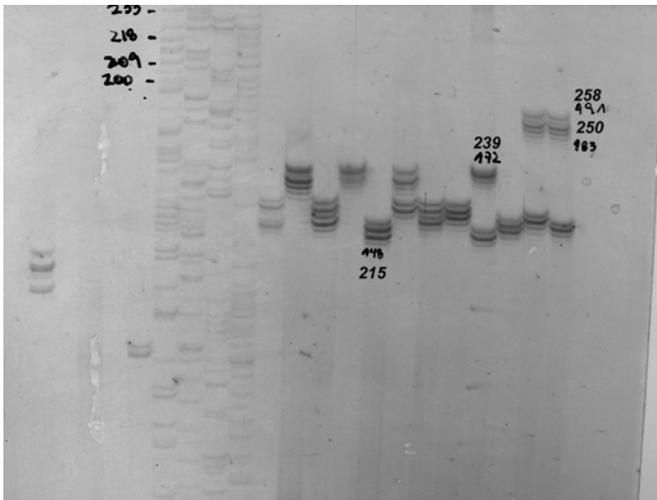


Situación de la resistencia a insecticidas en la polilla de la manzana en Chile: Mutaciones *kdr* y *AchE* insensible

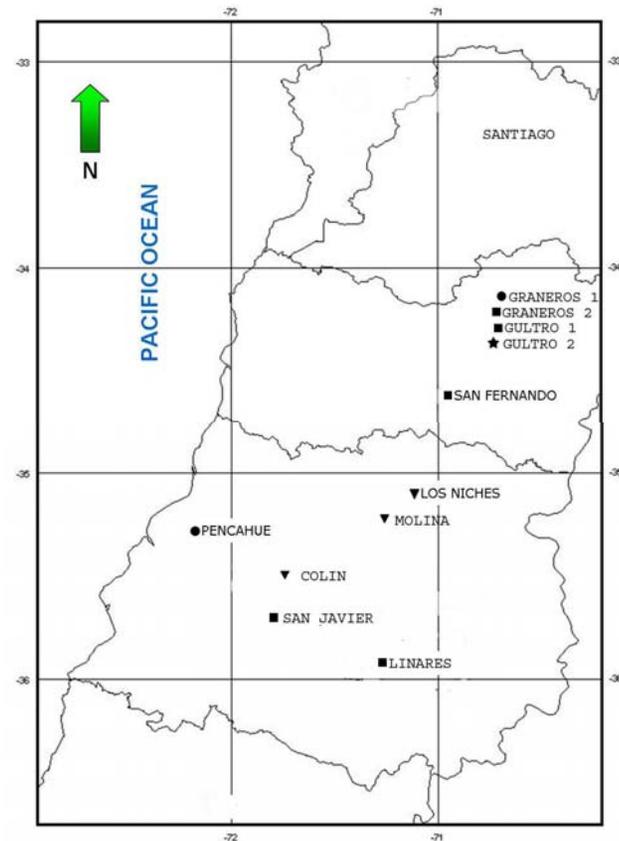
Población	Número individuos	<i>AchE</i>	<i>kdr</i>
Huertos abandonados			
Gultro	36	0	0
Molina	35	0	1
Colín	37	0	3
Pencahue	48	0	0
Huertos con manejo			
Linares	35	0	2

¿Por qué tan baja prevalencia de resistencia a insecticidas?

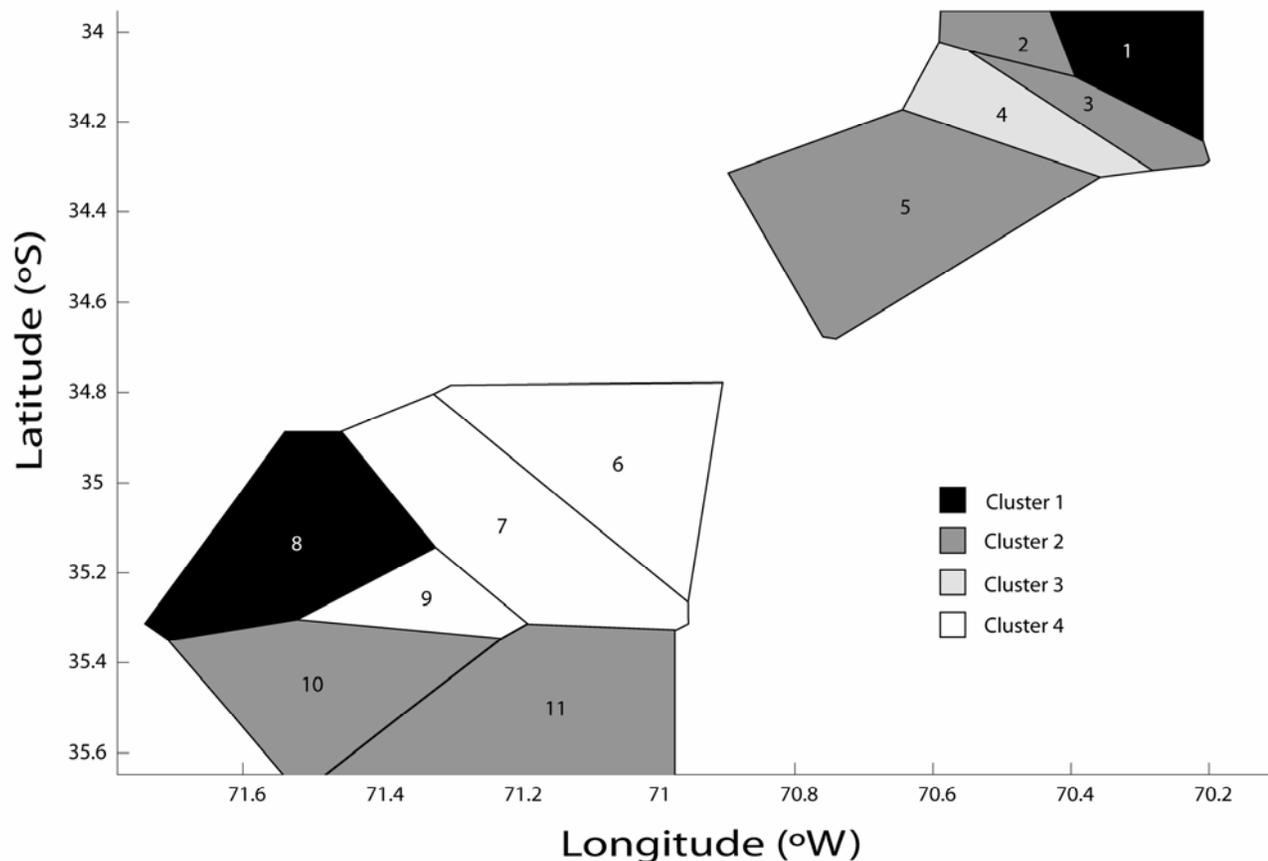
Estudio genético de las poblaciones de la polilla de la manzana utilizando marcadores moleculares para ver el nivel de dispersión entre huertos



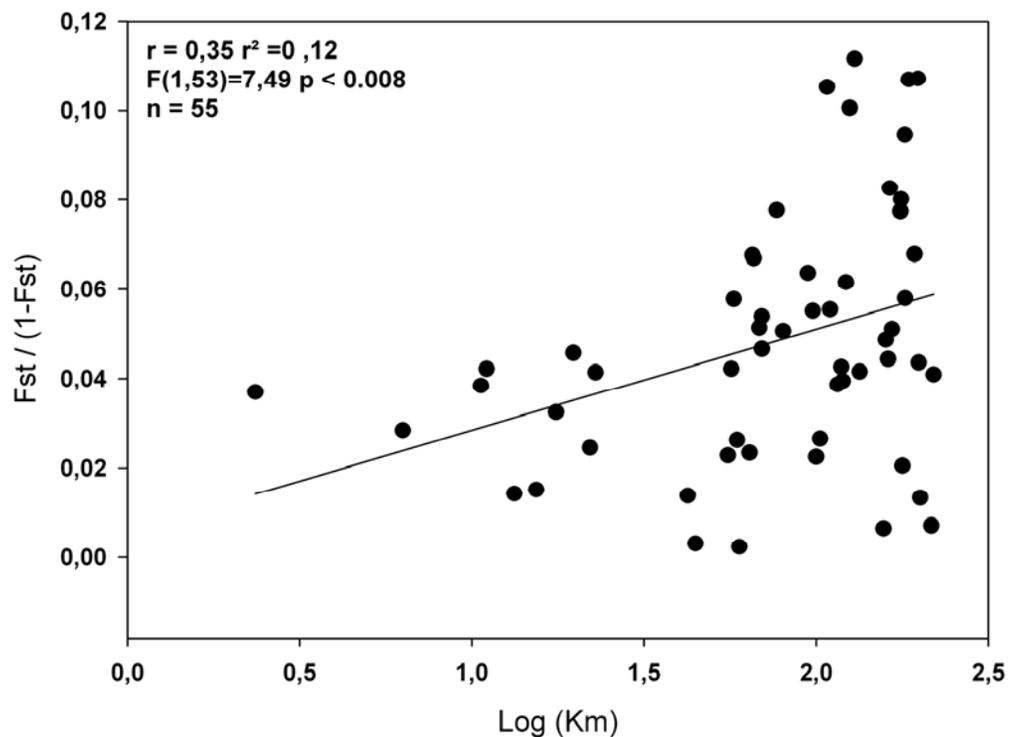
Once huertos en las regiones de O'Higgins y Maule, desde Graneros hasta Linares



Resultado de la comparación entre 11 huertos de las principales regiones productoras de manzanas



Resultado de la comparación entre 11 huertos de las principales regiones productoras de manzanas



¿Por qué tan baja prevalencia de resistencia a insecticidas?

Las poblaciones de la polilla de la manzana en el valle central de la Región de O'Higgins y del Maule están altamente mezcladas en términos genéticos.

Los adultos tiene una limitada capacidad de vuelo, luego el transporte de bins entre huertos y packings podría ser el principal medio de dispersión de la polilla en largas distancias.



¿Qué pasa en la escala local entre un huerto y su entorno sin manejo?

Huerto con manejo

Sumidero



RS X SS

50% RS, 50% SS

Entorno sin manejo

Fuente





Demarcación de algunas zonas relevantes dentro y fuera del área de ensayo, en la zona de Molina.

- Cuarteles de manzano —
- Cuarteles de vides —
- Cuarteles de kiwi —
- Cuarteles de manzano extra predio —
- Cuarteles de cerezo —
- Zonas de acopio —

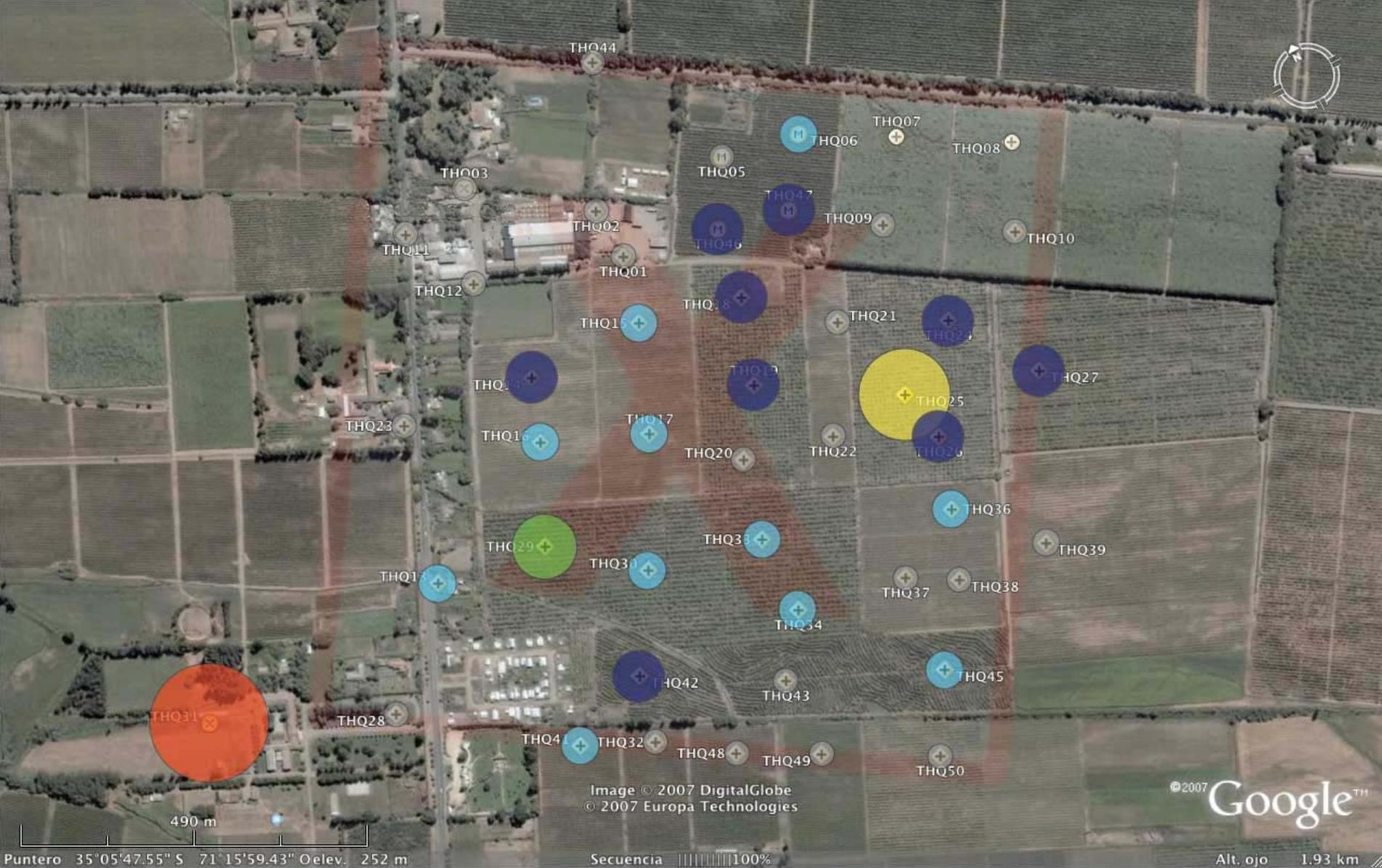
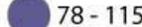
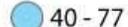


Figura 1: Imagen satelital de la zona de Molina, mostrando la distribución de trampas y las capturas acumuladas de Adultos de *Cydia pomonella*.

Capturas (Número de individuos):

Posición de la trampa:



Situación de la resistencia a insecticidas en la polilla de la manzana en Chile: en resumen...

Existen niveles detectables de resistencia al azinfosmetil (larvas diapausantes), pero que aún no alcanzan a comprometer su eficacia a nivel de campo (larvas neonatas).

Esta resistencia está basada sobre la actividad de enzimas GST, las cuales frecuentemente producen resistencia cruzada con otros grupos de insecticidas.

En Chile aplicamos insecticidas en niveles similares a otros países con altos niveles de resistencia a insecticidas, aparentemente en nuestro caso nuestras poblaciones con manejo (parcialmente resistentes) se mezclan muchos con las poblaciones sin manejo (susceptibles).

Agradecimientos a varios colaboradores, alumnos y colegas



Esteban Basoalto
Utalca-Chile



Maritza Reyes
INRA-Francia

Benoit Sauphanor
INRA-Francia

Mauricio Huerta
UMCE-Chile

Agradecimientos a varios colaboradores, alumnos y colegas



Claudio Ramírez
Utalca-Chile



Juan Espinoza
Utalca-Chile



Crsitián Muñoz
Utalca-Chile

Wilson Barros
Utalca-Chile