

## Control químico de enfermedades de plantas 2ª parte

Grupos químicos

3 de diciembre de 2008

Pedro Mondino

## Objetivos

- Reafirmar el conocimiento de los principales términos y conceptos referentes al control químico de las enfermedades de plantas.
- Conocer principales características de los grupos químicos más usados en la protección de cultivos.
- Relacionar grupos de patógenos con grupos químicos a los que son más sensibles.

## Objetivos

- Comprender los procesos que contribuyen al desarrollo de resistencia en las poblaciones de patógenos.
- Comprender las bases del manejo antirresistencia.
- Precauciones en el manejo de los agrotóxicos. (Responsabilidad Profesional)
- Conocer y evaluar la utilidad de las fuentes de información sobre fungicidas

## Conceptos

- Principio activo
- Producto comercial
- Formulación
- Co-adyudantes



## Conceptos

- Dosis
- Concentración
  - del producto comercial
  - en la aplicación

## Fungicidas inorgánicos

- Azufrados
- Cupricos

## Azufre



- Es el mas antiguo de los fungicidas.
  - Polisulfuro de calcio
  - Azufres insolubles (polvos)
  - Azufres mojables
- Actúa en estado de vapor, penetra a las células fúngicas y se reduce a sulfuro de hidrógeno.
- Interfiere en varios procesos metabólicos.
  - Respiración
  - Síntesis de proteínas.

## Azufre



- Usado por mas de 100 años no se conoce resistencia en las poblaciones de hongos.
- Espectro de acción reducido.
  - Oidios
  - Royas
  - *Venturia* spp, *Monilinia* spp (baja efectividad)

## Azufre

- Fungicida de contacto.
- Baja residualidad
- Intervalo de reentrada restringida 24-72hs
- Acaricida



## Azufre

- Fitotóxicos a altas temperaturas.
- Incompatibles con aceites
- Tiempo de espera 1 día
- Autorizados en la agricultura orgánica.
- Pueden ser usados en forma curativa en el control de oidios.

## Cobre

- oxiclورو de cobre, hidróxido de cobre, sulfato de cobre, caldo bordelés.
- Forma complejos con enzimas que poseen grupos sulfhidrilo, hidroxilo, amino o caboxilo, inactivándolos.
- Muy amplio espectro de acción, bacterias, hongos inferiores, menos efectivo para hongos superiores de esporas coloreadas, royas e inefectivo para oidios.



## Cobre

- Bacteriosis, Mildius o peronosporas



## Cobre

- Bacteriosis, Mildius o peronosporas



## Cúpricos



- Fungicida de contacto.
- Fitotóxicos ej. *Prunus* y cucurbitáceas. En otros cultivos endurece los tejidos y tiende a disminuir el crecimiento.



## Cúpricos

- Se acumula Cu en el suelo si son usados en forma reiterada año tras año.
- Tóxicos para lombrices.
- Intervalo de entrada restringida de 48 h para hidróxido de Cu y 24 h para el resto de las formulaciones.
- Autorizado en Producción Orgánica.

## Fungicidas orgánicos

- Ditiocarbamatos
- Ftalimidas
- Clorofenilos
- Otros

## Ditiocarbamatos



- Etilen-bisditiocarbamatos (EBDC): Mancozeb
- Disulfuro de polietilentiouramina + Zn: Metiram
- Dimetil-ditiocarbamatos: Ferbam, Ziram
- Tetrametil Tiuram: Tiram
- Propolen-bisditiocarbamato: Propineb

## Ditiocarbamatos



- Surgieron por los años 1930-1940
- Son de los productos más usados actualmente, especialmente el Mancozeb.

	2003	2004	2005	2006	2007	% de particip.
Mancozeb Kg.	387.800	228.380	276120	279.335	220.480	17,41%

## Ditiocarbamatos

- Fungicidas de contacto.
- De amplio espectro, efectivos para *Oomycetes*, *Deuteromycetes*, *Ascomycetes*
- No controlan oidios.
- Reaccionan de manera general con los grupos -SH, inhiben enzimas, interfieren con la producción de energía dentro de la célula.
- No registran problemas de resistencia.

## Ditiocarbamatos

- Fitotoxicidad muy rara
- Etilenbisditiocarbamatos se metabolizan en el campo y especialmente con la cocción a etilen-tiourea (ETU) el cual es cancerígeno.
- Una dosis puede afectar la tiroides, repetido uso puede causar bocio.

## Dithiocarbamatos

- Interactúan con el alcohol consumido, aumentan los efectos tóxicos e inhibe la metabolización del alcohol.
- Tóxicos para peces
- Período de entrada restringida 24 h.
- 77 días de espera en manzano.
- Muchos fabricantes de comida elaborada, especialmente para bebés, no compran fruta tratada con EBDC.

## Ftalimidias

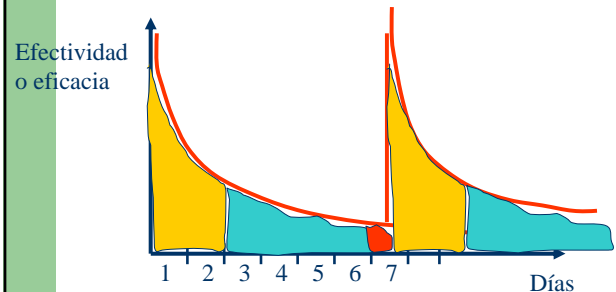


- Principios activos
  - Captan
  - Folpet
- Reaccionan con grupos sulfhidrido y otros .
- Muy amplio espectro → *Phytophthora infestans*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Ascochyta* spp., *Pythium* spp., *Phoma* spp., *Thielaviopsis basicola*, *Venturia*, etc.
- No afecta ni oidios ni royas

## Ftalimidias

- Fungicidas de contacto
- Bajo riesgo de generar resistencia.
- 51 días de espera para exportar a Europa.
- Folpet es muy similar al captan, usado principalmente en vid. Ambos pueden causar manchado de granos de uva si se aplican en períodos de alta humedad relativa.
- Captan se encuentra restringido y/o prohibido en varios países.

## Residualidad del fungicida



## FUNGICIDAS PENETRANTES Y SISTEMICOS

- Dicarboximidas
- Benzimidazoles
- Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE).
- Strobilurinas.
- Guanidinas.
- otros

## Dicarboximidas

- Iprodione
- Procimidone



## Dicarboximidas

- Interfieren con la actividad y/o síntesis de ADN. Inhiben la germinación de esporas y provocan lisis de hifas.
- Se han reportado casos de resistencia en varios países. la población puede volver a ser sensible luego de unos meses sin contacto con este grupo de fungicidas.

## Dicarboximidas

- Escasa capacidad de moverse en el vegetal, se comportan más como productos de contacto con buen grado de absorción.
- Controlan: *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, *Septoria*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Helminthosporium*, *Penicillium*, *Monilinia*.
- No controlan Oomycetes, Zigomicetes ni Basidiomycetes.

## Benzimidazoles

- Benomil (en vías de desaparición)
- Carbendazim
- metil tiofanato
- tiabendazol

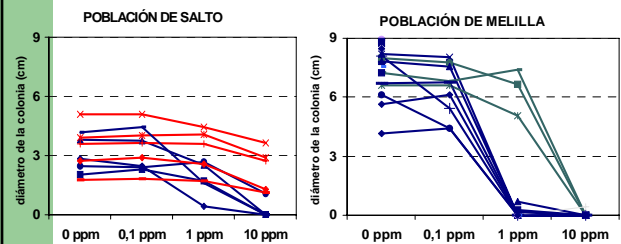
## Benzimidazoles

- Modos de acción : Inhiben la síntesis de la tubulina, el sitio de acción es un aminoácido de la  $\beta$ -tubulina
- Acción: Bloqueo de mitosis  
Bloqueo de crecimiento hifal

## Benzimidazoles

- El cambio de un sólo aminoácido (fenilalanina  $\rightarrow$  tirosina, o arginina  $\rightarrow$  histidina) se traduce en resistencia. Las cepas insensibles tienen la misma habilidad competitiva que las sensibles.
- Muy alto riesgo de generar resistencia

## Resistencia a Benzimidazoles



## Benzimidazoles

- Amplio espectro de acción
  - Deuteromycetes
  - Ascomycetes

*Venturia, Erysiphe, Sphaerotheca, Podosphaera, Botrytis, Monilinia, Sclerotinia, Nectria, Fusarium, Verticillium, Penicillium, Cladosporium, Ascochyta, Phoma, Phomopsis, Thielaviopsis, Diplocarpon, Mycosphaerella, Botryosphaeria, Pyricularia, Gloesporium, Cercospora, Septoria, Ceratocystis, y Rhizoctonia.*

## Benzimidazoles

- No controlan Oomycetes (*Phytophthora, Peronospora, etc.*), Zigomycetes (*Rhizopus*) ni la mayoría de los basidiomycetes (royas carbonas), ni algunas especies de Deuteromycetes (*Alternaria, Helminthosporium*).
- No poseen acción bactericida.

## Benzimidazoles

- Son lombricidas y son retenidos en los primeros 2 - 5 cm del suelo. Pueden aumentar la incidencia de ácaros al matar tanto a los que son plaga como a los predadores (enemigos naturales), re-infestando rápidamente los fitófagos.
- Efecto retroactivo de 24 a 36 hs. contra *Venturia inaequalis* (sarna del manzano).
- Período de entrada restringida 24 hs.

## Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE).

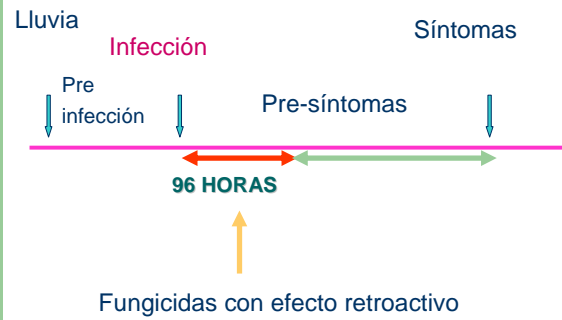
- Es un grupo muy numeroso de desarrollo reciente.
- Actúan sobre: Ascomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes. En general poseen fuerte acción contra oidios y royas, y según los casos contra hongos causantes de algunas manchas foliares de los géneros: *Venturia, Alternaria, Penicillium, Monilinia, Cercospora, etc.*

## Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE).

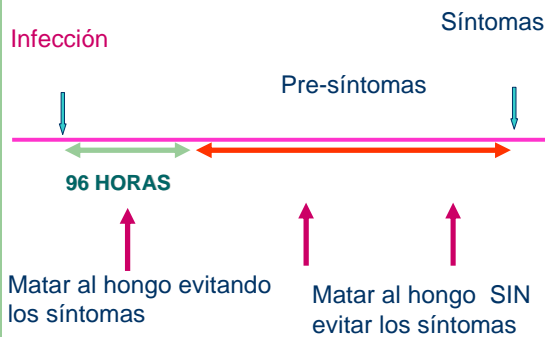
No tienen acción contra Oomycetes ni Zigomycetes (*Rhizopus*).

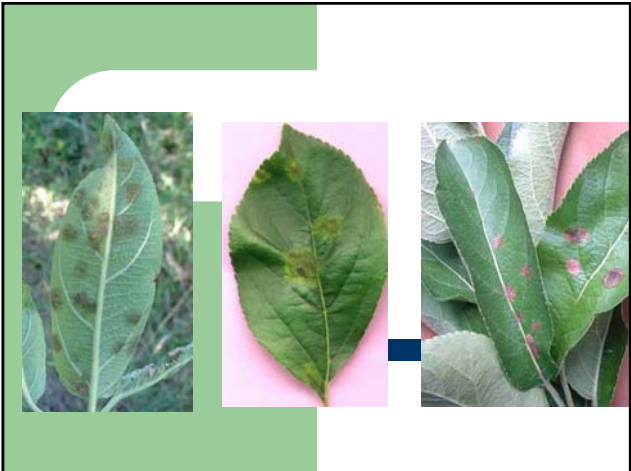
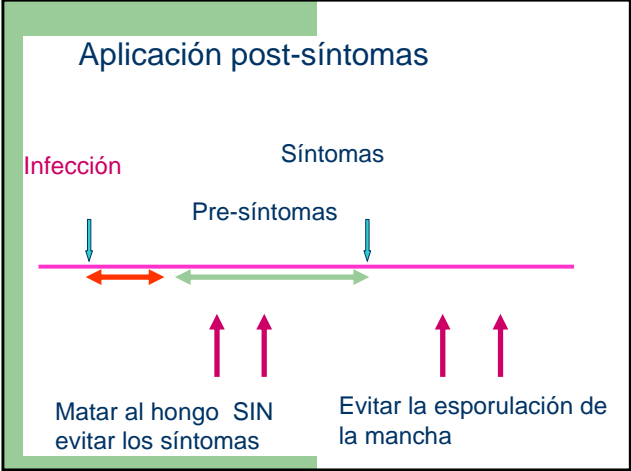
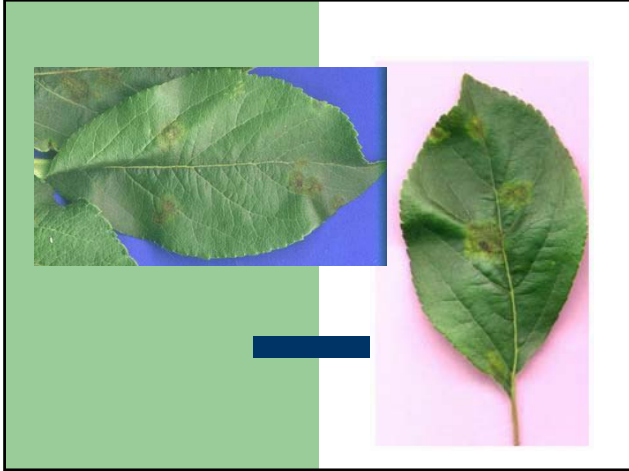
- Efecto retroactivo contra *Venturia inaequalis*: 72 a 96 hs; efecto residual débil: 3 a 4 días. Posible efecto sobre el crecimiento vegetativo y o forma de los frutos. No recomendados en montes muy altos o de copa densa.

## Aplicación posinfección



## Aplicación posinfección





## Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE).

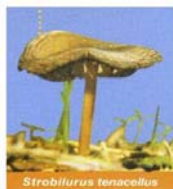
- Sitio de acción específico (1 o 2 pasos de la síntesis del ergosterol)
- Alto riesgo de generar resistencia.
- Tiene sistemia localizada.

## Strobilurinas.

- Kresoxim-metil
- Azoxystrobin
- Trifloxystrobin

## Strobilurinas.

- Es uno de los grupos más recientes de fungicidas registrados en el país.



## Strobilurinas

- Fungicidas de contacto
- Tienen alta persistencia y residualidad.
- Actúan inhibiendo la respiración en un punto determinado (complejo del citocromo bc1)
- Tienen alto riesgo de generar resistencia.

2010

### Resistencia Strobilurinas

Productor	Zona	%Germinación 2ppm
S.Martínez	Melilla	3,00 A
M. Euzardía	Melilla	8,55 AB
N. Ferrando	Progreso	10,13 AB
Facultad	Sayago	12,68 AB
Stanga	Melilla	13,78 AB
E. Torderollo	Melilla	36,18 BC
D.Rivera	Melilla	54,13 CD
A. Torderollo	Progreso	60,50 CD
O.García (m.Viejo)	Juanicó	67,53 DE
O.García(m.nuevo)	Juanicó	94,98 E

### Strobilurinas

- Las strobilurinas controlan oidios, royas y manchas foliares causadas por deuteromycetes y ascomycetes.
- Afectan germinación de esporas de *Venturia inaequalis*, *Septoria* spp., *Pyrenophora teres*, *P. grisea*, *R. solani*, *C. beticola*, *Alternaria* spp., *Phytophthora infestans*.

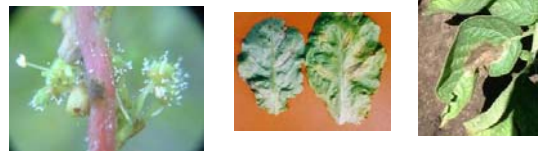
### Strobilurinas

- Azoxystrobin. Altamente fitotóxico para variedades de manzana Gala y emparentadas y cereza dulce.



### Fungicidas específicos para Oomycetes

- Acilalaninas .
- Fosfonatos.
- Cymoxanil.
- Dimetomorf



## Acilalaninas

- Metalaxil
- Sistemía acrópeta.
- Puede ser utilizado en aplicaciones curativas.
- Posee buena residualidad por lo que puede ser utilizado en aplicaciones preventivas.

## Acilalaninas

- Actúan sobre la biosíntesis de los ácidos desoxiribonucleicos
- Alto riesgo de generar resistencia.

## Fosfonatos.

- *Fosetil aluminio* →  $H_3SO_3$
- *Phytophthora* spp. “de suelo”
- *Plasmopara viticola*,
- sistemía ambidireccional



## Fosfonatos

- Fosfitos de potasio.

## Fosfonatos

- Únicos fungicidas con sistemía ascendente y descendente.
- Se transforman en  $H_3PO_3$ , de acción fungicida.

## Fosetil-AI

- Controla *Phytophthora*, *Pythium*, *Bremia lactucae*, *Plasmopara viticola*.
- No controla *Phytophthora infestans*, *Peronospora* sp., *Sclerospora* sp

## Fosfitos de potasio

- Controlan hongos inferiores y también deuteromycetes y ascomycetes (*Venturia*, *Colletotrichum*).
- Pueden ser utilizados en aplicaciones curativas.
- Fitotoxicidad. (forma de fósforo no asimilable)

## Antibióticos

- Existen muy pocos antibióticos de uso agrícola
  - Estreptomina
  - Kasugamicina

## Antibióticos

- Alto riesgo de generar resistencia.
- Prohibidos en los programas de Producción Integrada.
- Riesgo a la salud de aplicadores y consumidores.

## Resistencia

- Las poblaciones de plagas presentan mecanismos de variabilidad genética.
- La presión de selección lleva a que predominen los genotipos resistentes.
- Es necesario realizar un manejo antirresistencia.
- La información permaneció oculta por años.

## Resistencia

- La resistencia a fungicidas es consecuencia de la capacidad de adaptación de los seres vivos a condiciones adversas.
- No es un problema exclusivo del control químico, ni de los fungicidas.

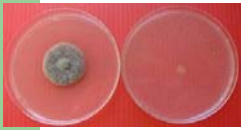
## Tipos de resistencia

- Resistencia natural o inherente
- Resistencia adquirida
  - insensibilidad
  - pérdida de sensibilidad
  - tolerancia
- Resistencia de campo
  - Resistencia práctica

## Resistencia natural o inherente

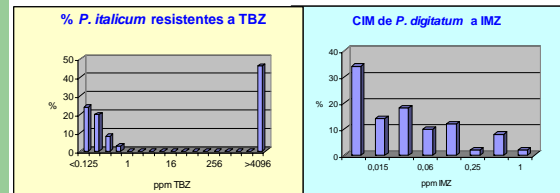
- Efectividad

Benomil (p.a.)	
Patógeno	DE <sub>50</sub> mg/l
<i>Pythium ultimum</i>	100
<i>Mucor mucedo</i>	100
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0,2
<i>Botrytis cinerea</i>	0,4
<i>Fusarium oxysporum</i>	4



Espectro de acción

## Resistencia adquirida



Fuente: Vero, S. et al. 2001.

## Resistencia práctica.



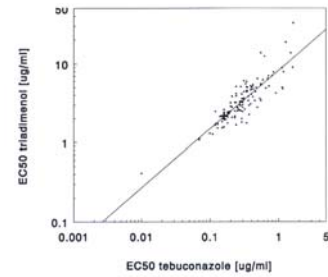
## Tipos de resistencia

- Resistencia Cruzada
- Resistencia múltiple

## Resistencia cruzada

- La selección por resistencia a un principio activo implica automáticamente resistencia a otros principios activos.
- Ocurre generalmente entre fungicidas que tienen un mismo sitio de acción.
  - Benomil, Carbendazim, TBZ
  - Iprodione, Proximidione

## Resistencia cruzada



## Resistencia múltiple

- Cuando en una población resistente aparecen individuos con resistencia a un segundo principio activo de diferente modo de acción.
- Es una resistencia debida a mutaciones independientes y que ha sido seleccionada por exposición a uno y luego a otro de los fungicidas.
- Ej. Botrytis con resistencia a Benzimidazoles y dīcarboximidās.

## Origen de la resistencia

- **Fuerzas evolutivas:**
  - **MUTACIÓN**
  - **SELECCIÓN**

## Origen de la resistencia

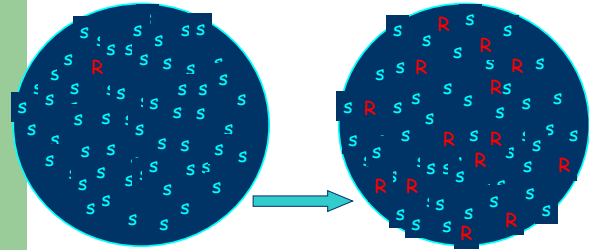
- **MUTACIÓN**

Provee las fuentes de la resistencia

- **SELECCIÓN**

Determina la frecuencia en que se encontrarán los genotipos

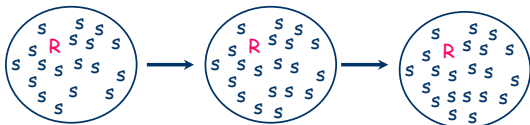
## La resistencia es un proceso



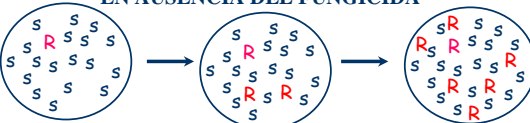
Población sensible

Población resistente

## La resistencia es un proceso



EN AUSENCIA DEL FUNGICIDA



EN PRESENCIA DEL FUNGICIDA

## Riesgo de resistencia

- Riesgo de resistencia asociado al fungicida.
- Riesgo de resistencia asociado a la enfermedad.
- Combinación de ambos riesgos nos indica el riesgo real o total

## Riesgo inherente o asociado al fungicida

- Clase a la que pertenece el fungicida
- Sitio de acción (unisitio o multisitio)
- Resistencia cruzada.

## Fungicidas de alto riesgo

- Benzimidazoles
- Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol
- Estrobilurinas
- Antibióticos

## Fungicidas de bajo riesgo

- Cúpricos
- Azufrados
- Ditiocarbamatos

## Riesgo inherente o asociado a la enfermedad

- Corto ciclo de vida
- abundante esporulación del patógeno
- Aislamiento de la población
- Presencia de reproducción sexual

Benzimidazoles Dicarboximidas acilalaninas Estrobilurinas	ALTO (3)	3	6	9
IBEs	MEDIO (2)	2	4	6
Cúpricos Dithiocarbamatos Azufrados Captan	BAJO (1)	1	2	3
Riesgo del fungicida		BAJO (1)	MEDIO (2)	ALTO (3)
Riesgo de la enfermedad		Patógenos suelo. <i>Esclerotium</i> tomate	<i>Septoria</i> trigo <i>Alternaria</i> papa	<i>Venturia</i> manz. <i>Botrytis</i> en uva <i>Penicillium</i> citrus

## Mutaciones

- Ocurren continuamente en frecuencia de  $1 \times 10^{-6}$
- Los problemas comienzan cuando la frecuencia sube a  $1 \times 10^{-2}$



Se detecta evaluando 300 individuos

## La acumulación de mutantes resistentes se incrementa por:

- Una alta frecuencia de los tratamientos.
- Extensa área tratada.
- Por una efectiva aplicación o dosis.
- Por la alta población del patógeno previa.
- Por una gran producción de propágulos.
- Por un menor tiempo de generación

## Efectividad del fungicida - Selección

Una aplicación de fungicida a un cultivo:

- 50% efectiva
- 80% efectiva



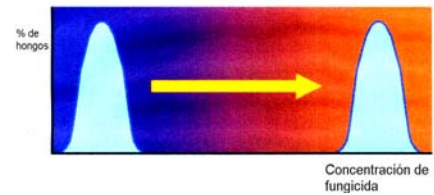
- los resistentes quedarán distribuidos en el 20% de sobrevivientes
- su frecuencia se habrá incrementado 5 veces.
- **Cuanto más efectivo sea el tratamiento más rápida será la selección.**

## Tipos de Resistencia

- Cualitativa
  - paso simple
  - discreta
  - disruptiva
  - discontinua
- Cuantitativa
  - pasos múltiples
  - continua
  - direccional
  - progresiva

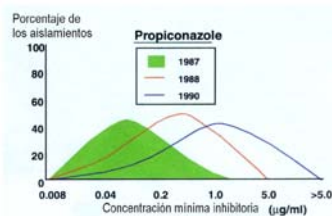
## Tipos de Resistencia

### 1. Cualitativa



## Tipos de Resistencia

### 2. Cuantitativa



## ¿Cómo evitar la resistencia?

- No utilizar fungicidas.
- Utilizar fungicidas de bajo riesgo.
- Minimizar el uso de fungicidas de alto riesgo. (ej. estrobilurinas)
- Utilizarlos solamente cuando es indispensable.
- No enfrenar al fungicida con altas poblaciones de patógeno.
- Integrar al control químico con otras medidas que mantengan baja la población del patógeno.
- Monitorear la población resistente.

## Realizar un manejo anti-resistencia

- Debemos saber que **la población sensible es un recurso a conservar**.
- Es necesario hacer un balance entre el objetivo de controlar la enfermedad evitando pérdidas y conservar la población sensible del patógeno.

## Estrategias de manejo

- 1) No aplicar el fungicida en forma aislada.
  - Aplicar mezclas de fungicidas de modos de acción diferentes
  - Aplicar el fungicida en rotaciones o alternándolo con otros de modos de acción diferentes

## Estrategias de manejo

- 2) Reducir el número de aplicaciones por temporada. Aplicar sólo cuando sea estrictamente necesario

### Problemas:

- Las aplicaciones pueden coincidir con los momentos o estados de desarrollo de la epidemia (alta presión de selección)
- La reducción en la resistencia puede no ser proporcional a la reducción de las aplicaciones.

## Estrategias de manejo

- 3) Utilizar las dosis recomendadas.

La dosis a utilizar depende del tipo de resistencia (Cualitativa o cuantitativa)

## La resistencia en su justo lugar

- Producto en mal estado o vencido
- Aplicación a destiempo
- Presión inusual de inóculo.
- Resistencia

## Estrategias de manejo

- 4) Evitar las aplicaciones en momentos de alta tasa de infección o alta población del patógeno.

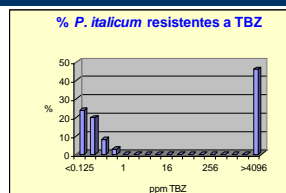
Ej. Para el control de *Monilinia* evitar usar en precosecha.



## Estrategias de manejo

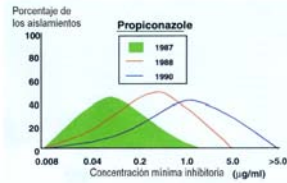
- 5) Integrar la aplicación de fungicidas en programas IPM.
- Esta es considerada la mejor estrategia para prevenir el desarrollo de resistencia

## ¿Altas dosis de fungicida?



- Altas dosis nos aseguran eliminar por completo a los sensibles.....

## ¿Bajas dosis de fungicida?



- Bajas dosis solo eliminan a los más sensibles.....

## La resistencia en su justo lugar

Razones por las que puede fallar el control:

- Mal diagnóstico
- P.A. no efectivo contra el patógeno.
- Mala aplicación:
  - Mala cobertura
  - Aplicación con viento
  - Excesiva velocidad
  - Mala calibración
  - Cond. ambientales desfavorables
  - Concentración / dosis
  - Mala calidad del agua (pH)

<http://www.frac.info/frac/index.htm>

## Envases



### Derivas al ambiente



### Derivas al ambiente



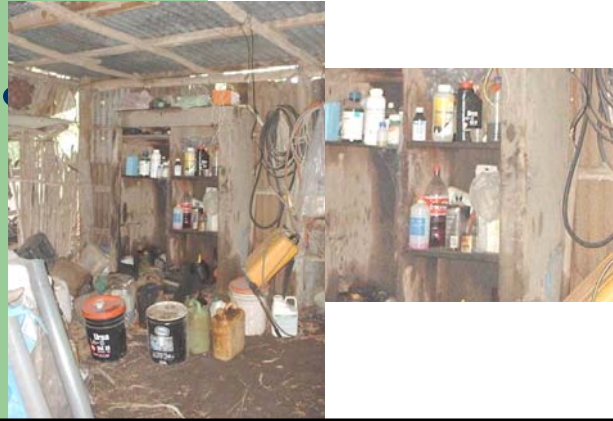
### Manejo inapropiado



### Manejo inapropiado



**Manejo inapropiado**



**Manejo inapropiado**



**Manejo inapropiado**



**Manejo inapropiado**



### Manejo inapropiado



### Trabajo Infantil



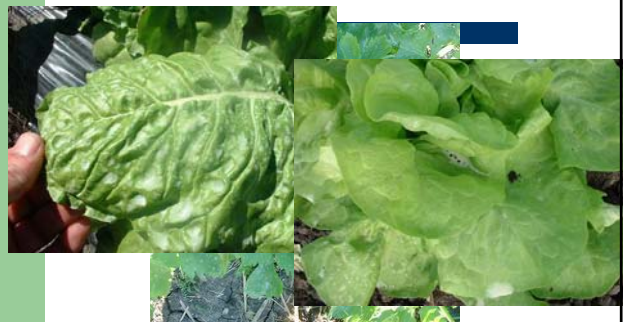
### Situación de riesgo

- Presencia de residuos sobre frutas y hortalizas.



### de riesgo

- Presencia de residuos sobre frutas y hortalizas.



### DETECCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN PPM EN DURAZNOS

Plaguicida	N° muestras detectado	N° muestras >codex	N° muestras > Europa
Captan	13/30	0	7
Carbaril	6/30	0	0
Clorotalonil	0/30	0	0
Clorpirifos	15/30	?	2
DifenilAmina	3/30	3	3
Iprodione	18/30	0	3
Metidaton	0/30	0	0
metil-Azinfos	0/30	0	0
Metil paration	10/30	?	7

PORCENTAJE DE MUESTRAS POR ENCIMA EXIGENCIAS CODEX=10%  
 PORCENTAJE DE MUESTRAS POR ENCIMA EXIGENCIAS CEE=73%

• Fuente: CAMM – GTZ - PI

### DETECCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN PPM EN MANZANAS

Plaguicida	N° muestras detectado	N° muestras >codex	N° muestras > Europa
Captan	17/30	0	1
Carbaril	4/30	0	0
Clorotalonil	2/30	?	2
Clorpirifos	7/30	0	0
DifenilAmina	30/30	1	1
Iprodione	25/30	1	0
Metidaton	0/30	0	0
Metil-Azinfos	0/30	0	0
Metil paration	4/30	0	0

PORCENTAJE DE MUESTRAS POR ENCIMA EXIGENCIAS CODEX=6,6%  
 PORCENTAJE DE MUESTRAS POR ENCIMA EXIGENCIAS CEE= 13%

• Fuente: CAMM – GTZ - PI

### Efectos sobre el ambiente

- agua
  - superficial y subterránea
  - Managing Pesticides for Blueberry Production and Water Quality Protection
- ácaros predadores,
- abejas,
- peces

### Indice de impacto ambiental

- Trabajador = (exposición de aplicador + de cosechador) X toxicidad crónica
- consumidor = exposición potencial de consumidor + efectos potenciales sobre aguas subterráneas
- ecológico (efectos acuáticos y terrestres) = efectos sobre peces, aves, abejas y artrópodos benéficos
- EIQ x % i. a. x dosis

## EFFECTOS NO DESEADOS DE LOS PRODUCTOS

- riesgo = toxicidad x exposición
- exposición = concentración x tiempo

## Responsabilidad Profesional

- El Agrónomo tiene responsabilidad profesional en el asegurarse el uso seguro de los agrotóxicos.
- Toda recomendación de aplicación de un plaguicida debe ser acompañada por las recomendaciones de uso y con el alerta de cuales son los riesgos que su uso conlleva.
- Se deben buscar formas de generar conciencia acerca de la peligrosidad del uso de agrotóxicos.

## Responsabilidad profesional

- Debe evitar los “justificaciones”:
- “Yo ya le dije”
- “Si no se quiere proteger...”
- “No me hace caso”
- “Es o se cree resistente”
- “No entiende”
- “ Si el patrón no le dice... Yo no me puedo meter en la empresa”

## Responsabilidad profesional

- Debe mantenerse actualizado acerca de los riesgos del uso de agrotóxicos.
- La información cambia día a día.
- Mucho mas importante que lo que se conoce sobre los riesgos de los plaguicidas es lo que **NO se conoce**.
- Todos los productos son nocivos para la salud y el medio ambiente.

## Manejo integrado

- Control químico
- Control biológico
- Control genético
- Métodos físicos o mecánicos.
- Prácticas culturales

