

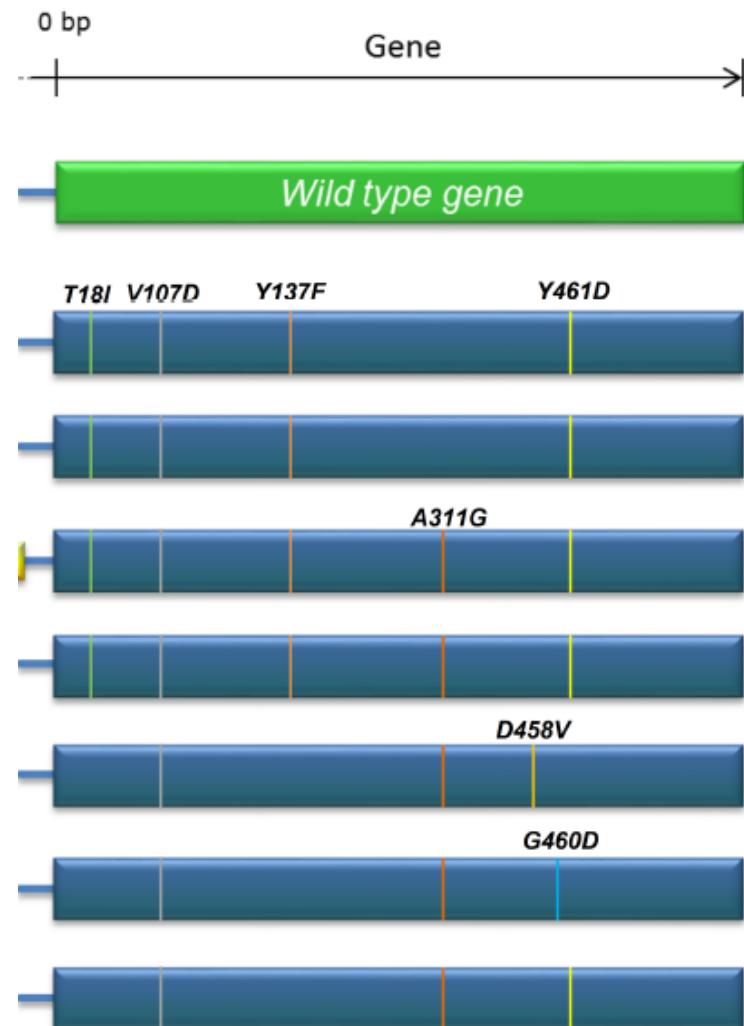
# Manejo de resistencia

# La resistencia

- La resistencia a un fungicida es un fenómeno de alteraciones de sensibilidad adquirida que es **heredable y estable**.
- Ocurre por la exposición repetida a un fungicida, lo que lleva a la aparición de microorganismos resistentes, también llamados a veces insensibles, insensitivos o tolerantes.
- Se considera resistencia cuando ya el método de control no funciona.
- No incluye resistencia natural o intrínseca

# La resistencia

- Ocurre debido a mutaciones
  - Mutaciones espontáneas: 1 en 1000 millones.
- Las mutaciones en genes específicos son los que mayoritariamente causan la pérdida de sensibilidad.
- Las mutaciones de resistencia son detectables cuando:
  - Se alcanzan frecuencias de 1 en 100 o 1 en 10.
  - Los fungicidas son muy efectivos (>90-95%)
    - Si los fungicidas son menos efectivos ( $\leq 80\%$ ), es más difícil detectar resistencia.



# La resistencia

- La resistencia afecta la efectividad de los fungicidas con el mismo modo y sitio de acción.
- Esto es conocido como **resistencia cruzada**.
  - Ej. Resistencia a Azoxistrobina y Piraclostrobina
- También hay **resistencia cruzada negativa**.
  - La resistencia a un fungicida aumenta, pero confiere sensibilidad a otro fungicida.
  - Aislamientos de *B. cinerea* se volvieron resistentes a benzimidazoles pero sensibles a diethofencarb.

# La resistencia

- La pérdida de efectividad de los fungicidas ocurre en tiempos variables
- Algunas moléculas toman 1-2 años, otras 5, 10, hasta 20 años para que aparezcan aislamientos resistentes.
- En algunos casos, no se ha detectado ningún tipo de resistencia para algunos de los fungicidas más viejos en el mercado.

**Table 1**  
**Occurrence of Practical Fungicide Resistance in Crops**

Date first observed (approx.)	Fungicide or fungicide class	Years of commercial use before resistance observed (approx.)	Main crop diseases and pathogens affected	Ref*
1960	Aromatic hydrocarbons	20	Citrus storage rots, <i>Penicillium</i> spp.	1
1964	Organo-mercurials	40	Cereal leaf spot and stripe, <i>Pyrenophora</i> spp.	2
1969	Dodine	10	Apple scab, <i>Venturia inaequalis</i>	3
1970	Benzimidazoles	2	Many target pathogens,	4
1971	2-Amino-pyrimidines	2	Cucumber and barley, powdery mildews <i>Sphaerotheca fuliginea</i> & <i>Blumeria graminis</i>	5
1971	Kasugamycin	6	Rice blast, <i>Magnaporthe grisea</i>	6
1976	Phosphorothiolates	9	Rice blast, <i>Magnaporthe grisea</i>	6
1977	Triphenyltins	13	Sugar beet leaf spot, <i>Cercospora betae</i>	7
1980	Phenylamides	2	Potato blight and grape downy mildew, <i>Phytophthora infestans</i> & <i>Plasmopara viticola</i>	8
1982	Dicarboximides	5	Grape grey mould, <i>Botrytis cinerea</i>	9
1982	Sterol Demethylation inhibitors (DMIs)	7	Cucurbit and barley powdery mildews, <i>S. fuliginea</i> & <i>Blumeria graminis</i>	10
1985	Carboxanilides	15	Barley loose smut, <i>Ustilago nuda</i>	11
1998	Quinone outside Inhibitors (QoIs; Strobilurins)	2	Many target diseases and pathogens	12
2002	Melanin Biosynthesis Inhibitors (Dehydratase) (MBI-D)	2	Rice blast, <i>Magnaporthe grisea</i>	13

\*References: 1. Eckert, 1982; 2. Noble *et al.* 1966; 3. Gilpatrick, 1982; 4. Smith, 1988; 5. Brent, 1982; 6. Kato, 1988; 7 Giannopolitis, 1978; 8 Staub, 1994; 9. Lorenz, 1988; 10. De Waard, 1994; 11. Locke, 1986; 12. Heaney *et al.* 2000; 13. Kaku *et al.* 2003.

# EC50

- Máxima concentración efectiva
- Aplica solo a cepas o aislamientos
- Se determina utilizando pruebas *in vitro* o *in planta*:
  - *In vitro* para patógenos no obligados
  - *In planta* para patógenos obligados

# EC50

- Se requiere de un baseline o línea base:
- Es un perfil de la sensibilidad de un hongo de interés a un fungicida, creada usando técnicas biológicas o de biología molecular para evaluar la respuesta de cepas fúngicas (individuales o poblaciones) sin exposición previa al fungicida.
- Requiere un número de individuos o poblaciones con variabilidad
- Es un punto de referencia.

# EC50

- Cuando hay un nuevo modo de acción y nueva molécula:
  - Probablemente no exista una línea base
- Cuando hay una nueva molécula de un modo de acción conocido:
  - Se usan líneas base existentes y se validan con la molécula nueva
- Cuando es una molécula ya establecida:
  - Se usan líneas base existentes si hay productos similares; se construye una si la molécula es única en su clase.

# EC50

- La línea base se construye a partir de un número representativo de aislamientos que son evaluados para determinar la EC50

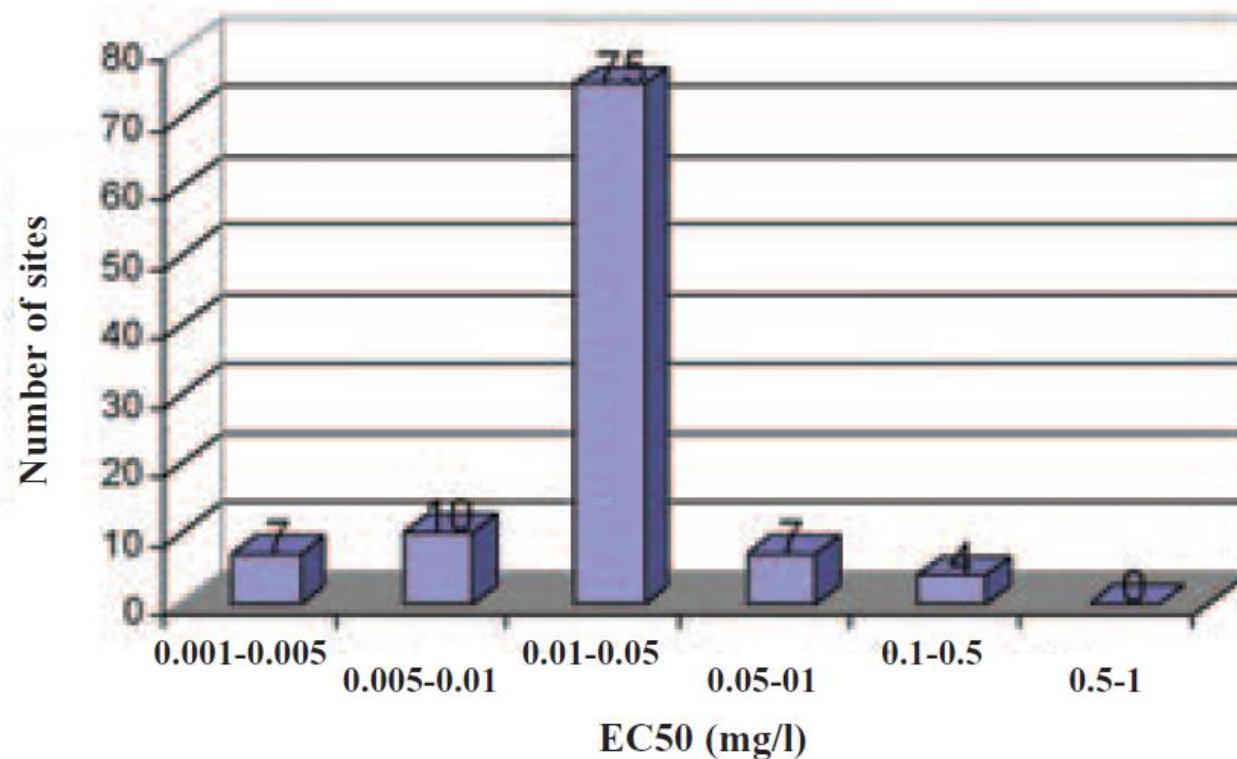
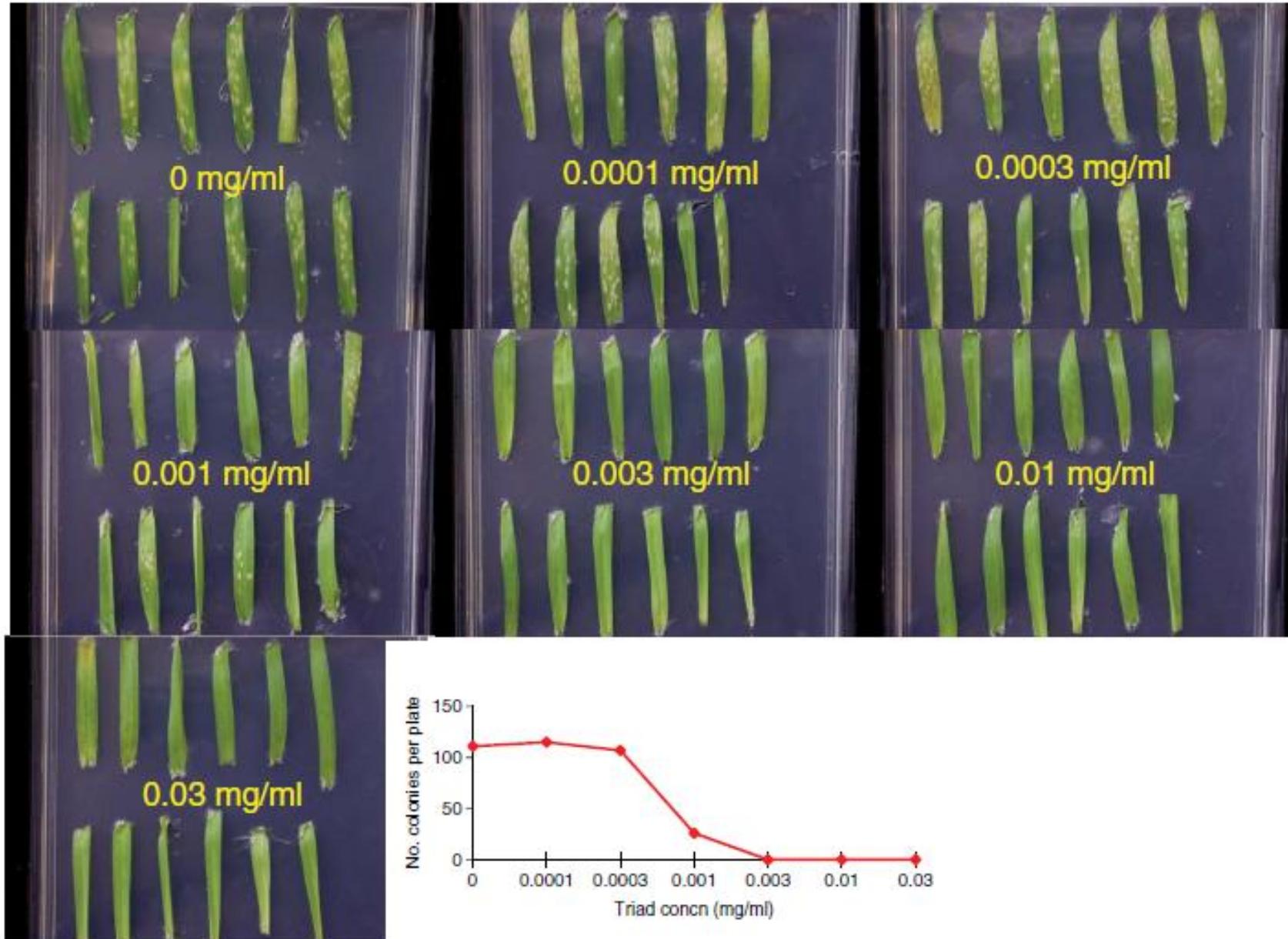


Figure 6. Sensitivity baseline for Famoxadone and *Plasmopara viticola* (1996/97)

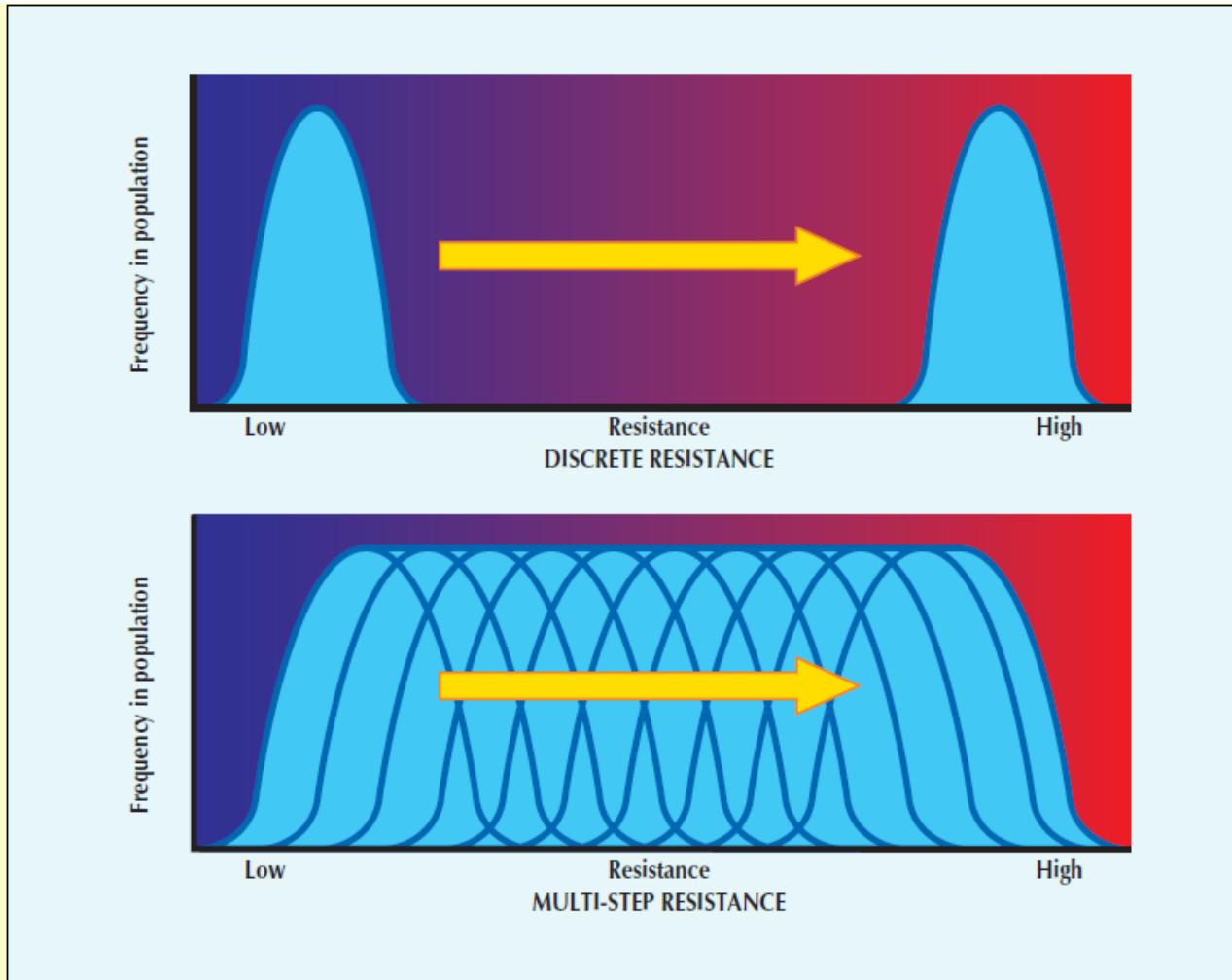
EC<sub>50</sub>

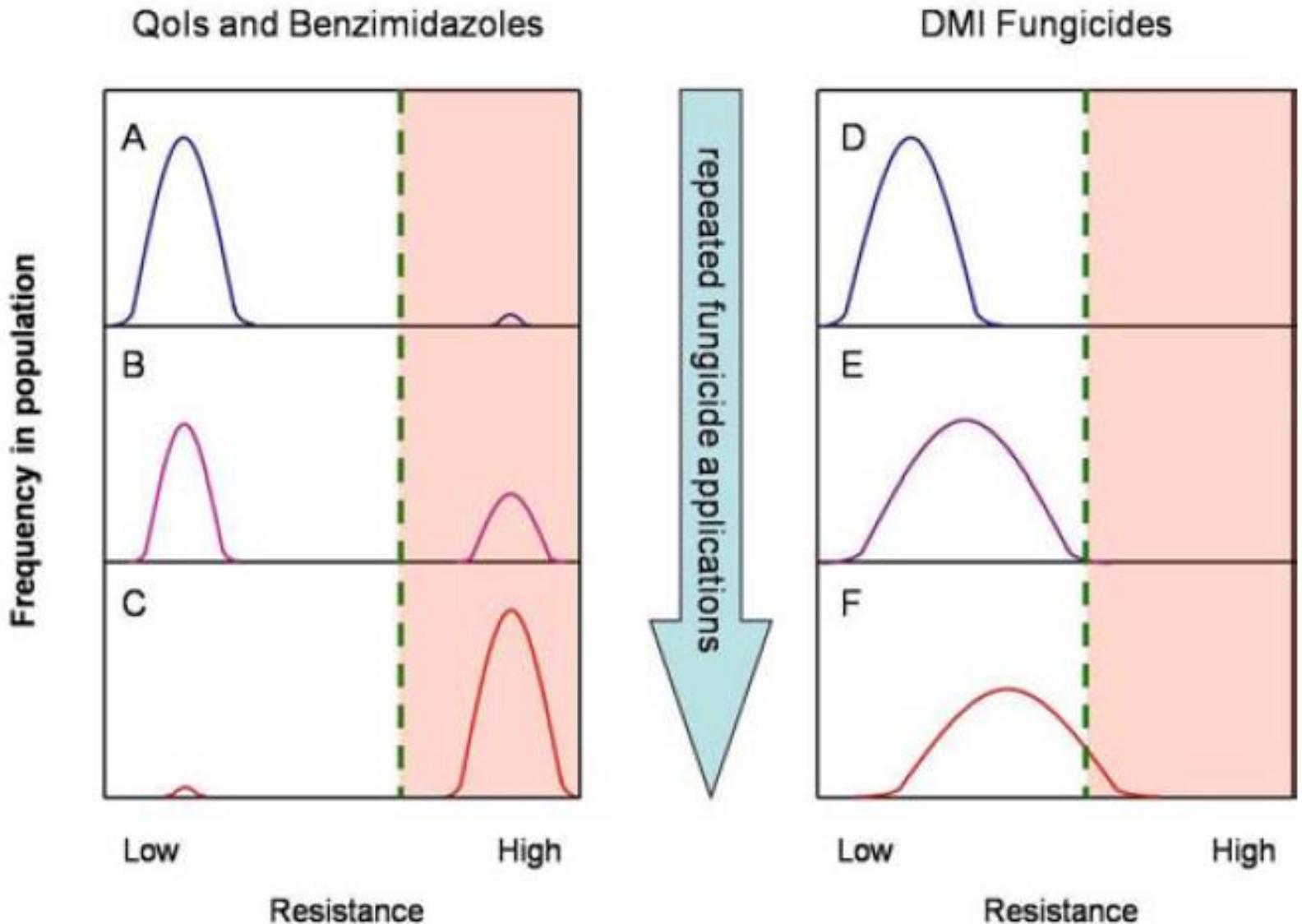


**Fig. 11.3.** Barley leaves infected with a single spore-derived isolate of barley powdery mildew were placed on benzimidazole agar amended with increasing concentrations of triademifon (Triad). The half-maximal effective concentration EC<sub>50</sub> is estimated to be close to 0.001 mg/ml.

# La resistencia

- Existen dos formas de resistencia:
- Discreta, cualitativa, de un paso, disruptiva.
  - Estable
  - El aumento de dosis no tiene efecto
  - Rara vez reversible
- Progresiva, cuantitativa, de múltiples pasos, direccional.
  - El aumento de dosis puede controlar la población resistente
  - Mayor probabilidad de reversibilidad en condiciones adecuadas

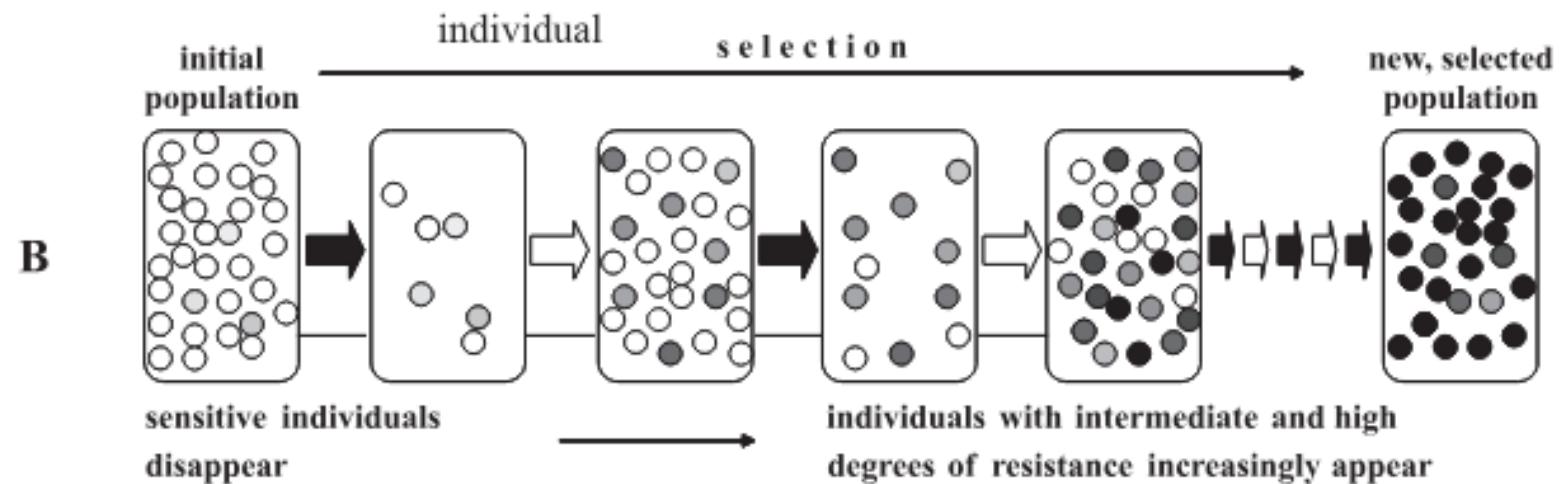
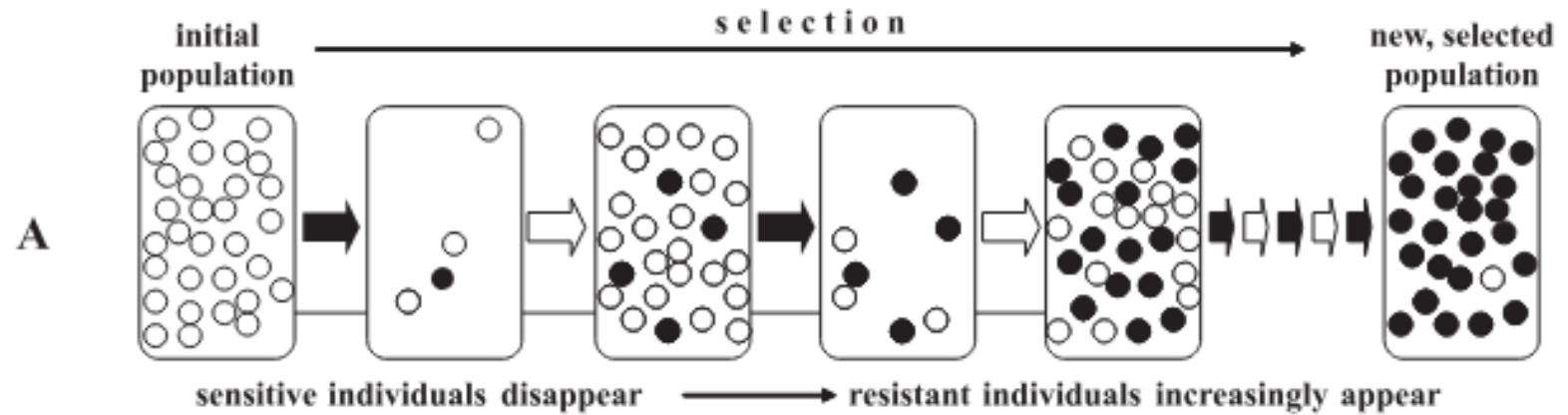




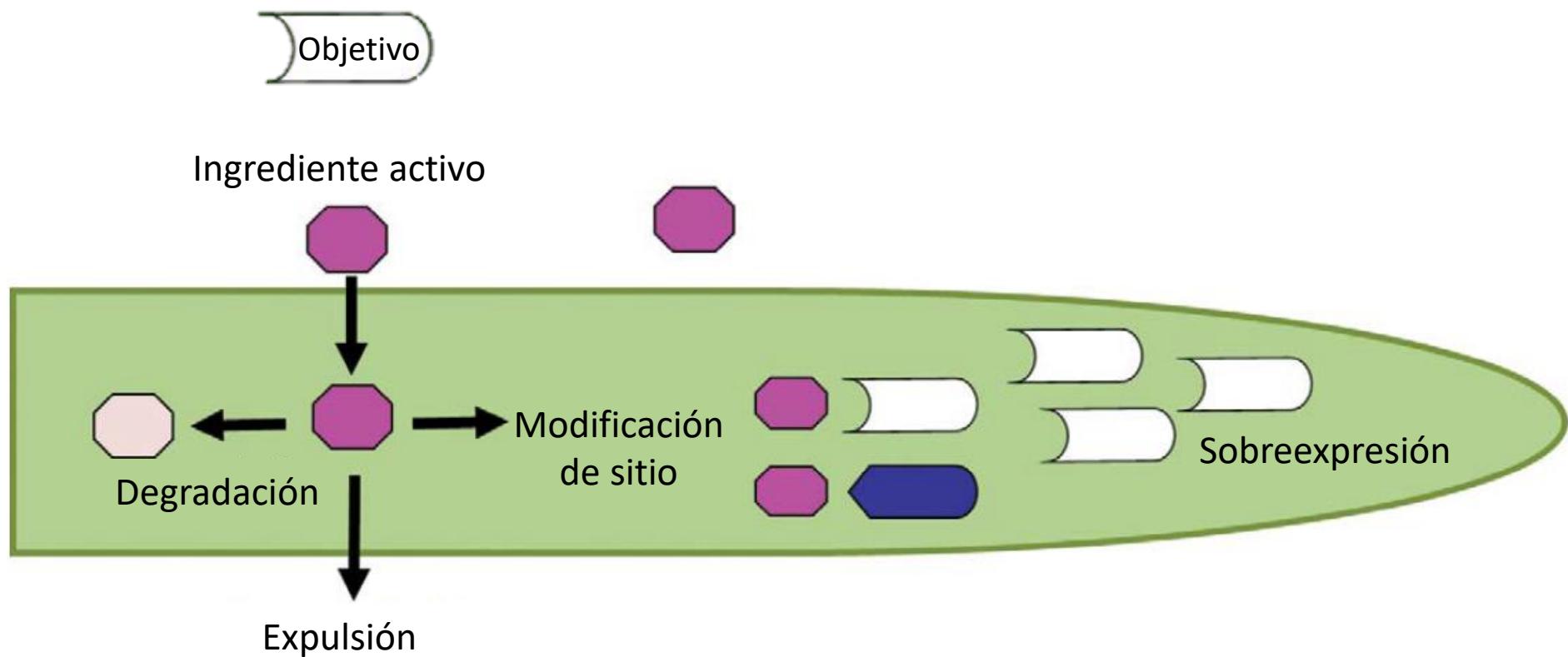
**Figure 2.** Two types of resistance (qualitative and quantitative) identified in Qols, benzimidazoles, and DMI fungicides. Figure adapted from Professor Wolfram Köller (Murphy et al., 2008). Qol and benzimidazole fungicides exhibit qualitative resistance (immunity), rapidly reaching a high frequency of resistance with repeated fungicide applications. DMI fungicides exhibit quantitative resistance where increased rates or decreased spray intervals can still achieve acceptable control of the fungal population.







# Mecanismos de resistencia



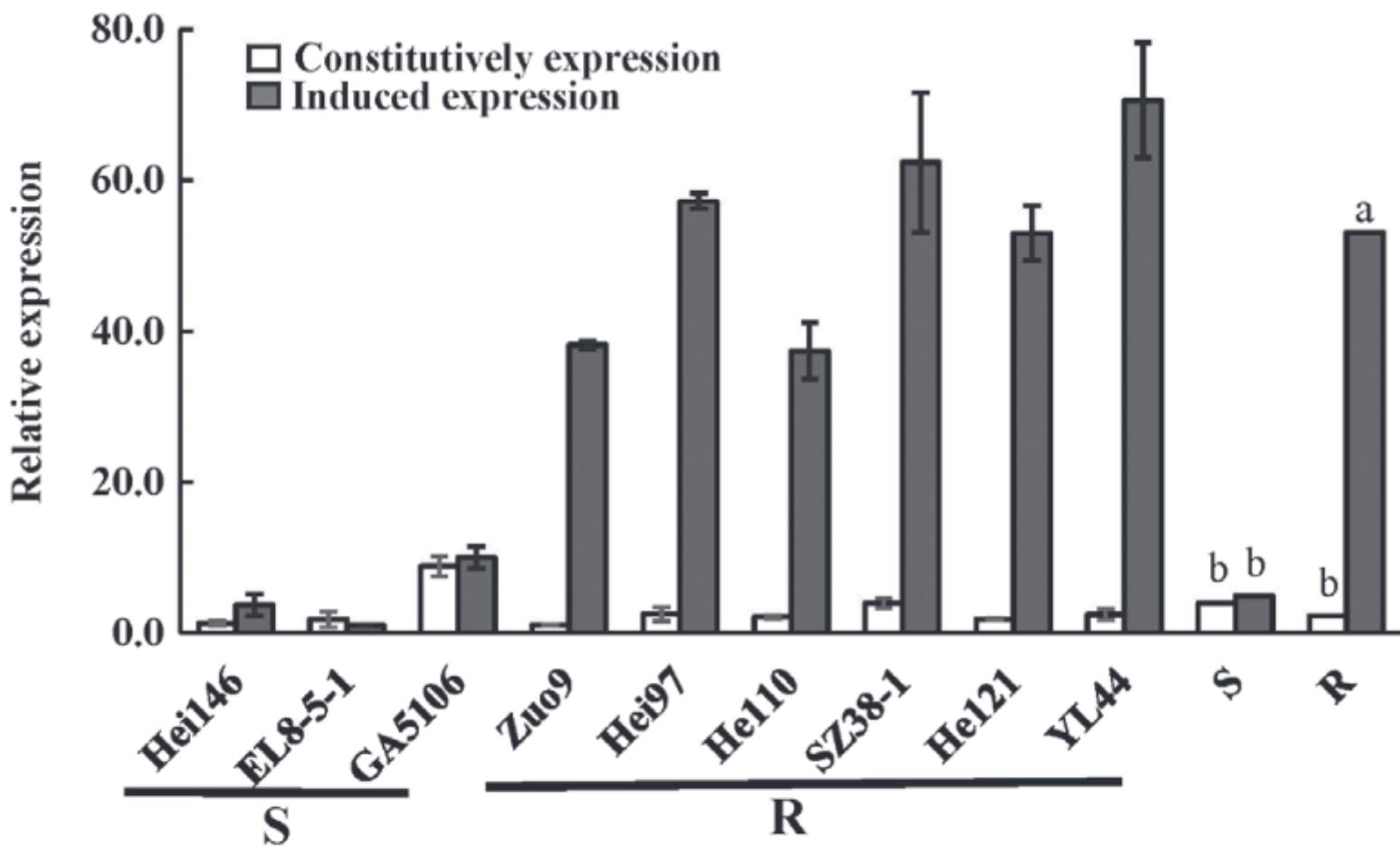
# Alteración del sitio de acción

- En 1972, se encontró resistencia de *Cercospora beticola* a benomil en el norte de Grecia.
- En parcelas experimentales se determinó que una incidencia de menos del 5% causada por cepas resistentes podía causar más de 90% de incidencia en menos de 6 semanas, donde se incluyeron dos aplicaciones de benomil.



# Incremento en la producción de la proteína afectada

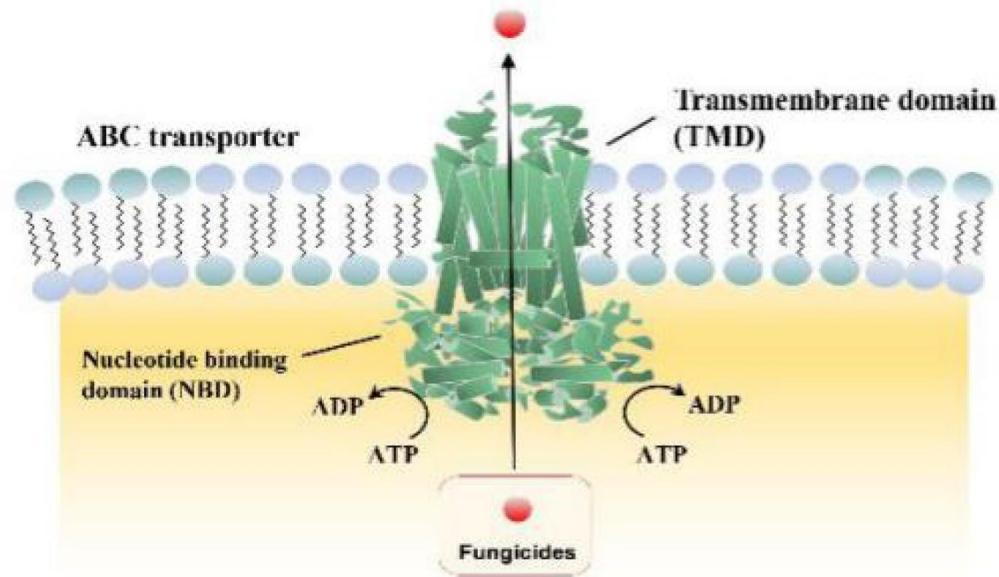
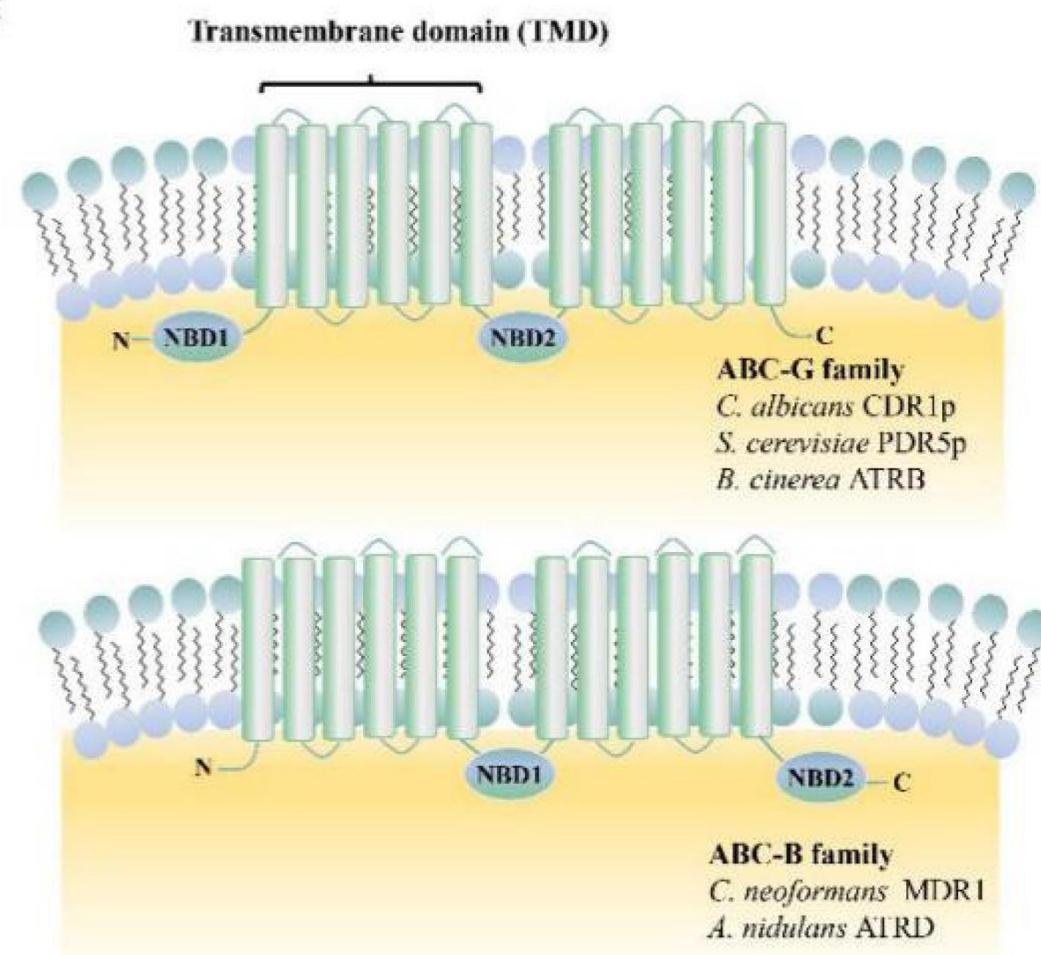
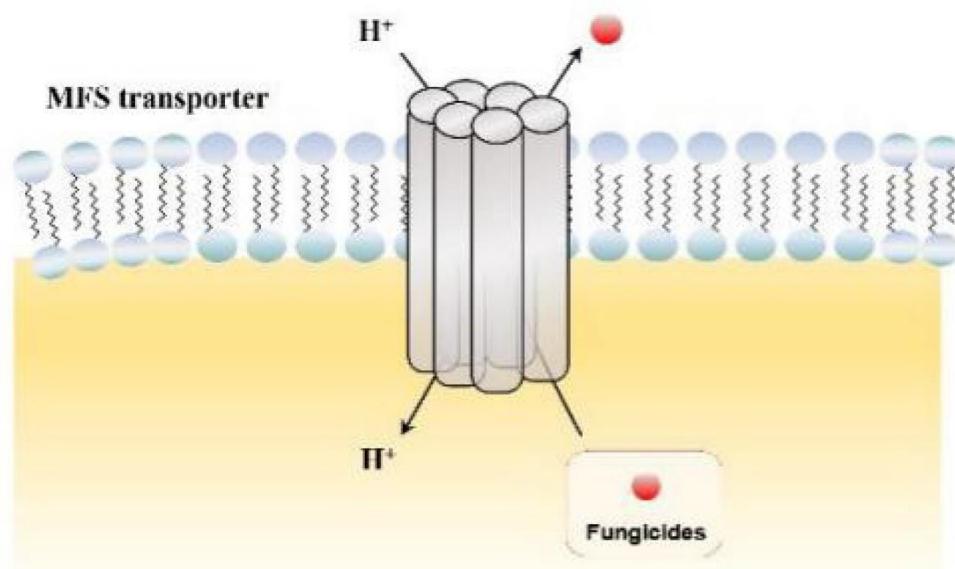
- Algunos hongos fitopatógenos pueden tener más de una copia del mismo gen que es blanco de los fungicidas
- Otros pueden tener mecanismos genéticos que favorecen la sobreproducción de la proteína blanco



**Figure 5.** Relative expression of the *CYP51* gene in *Alternaria* sect. field isolates sensitive or resistant to difenoconazole.

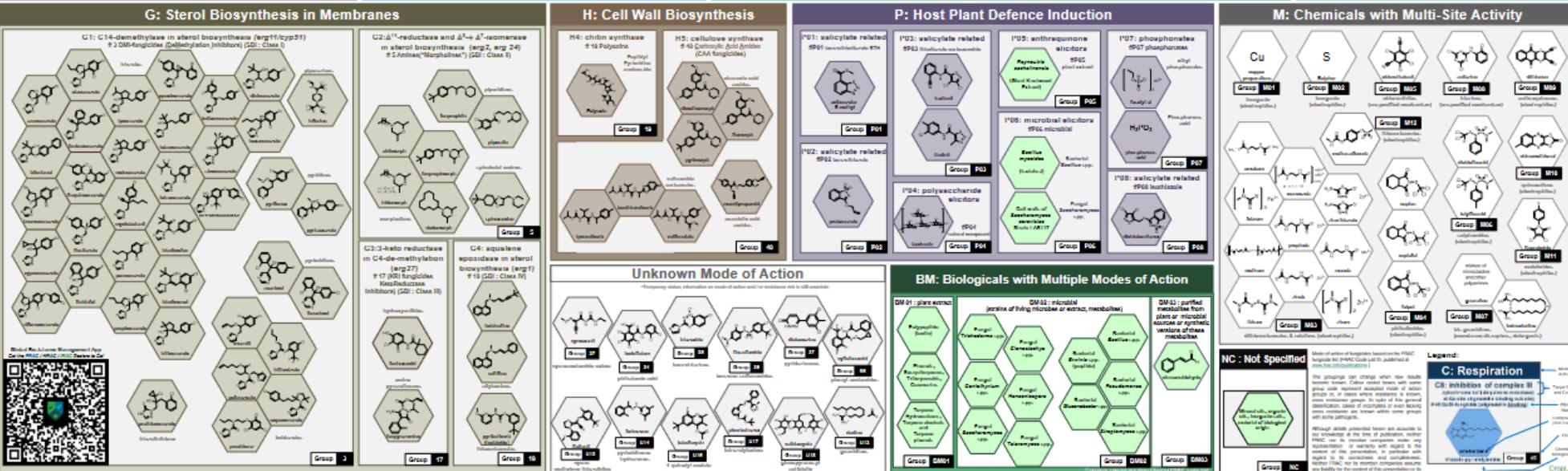
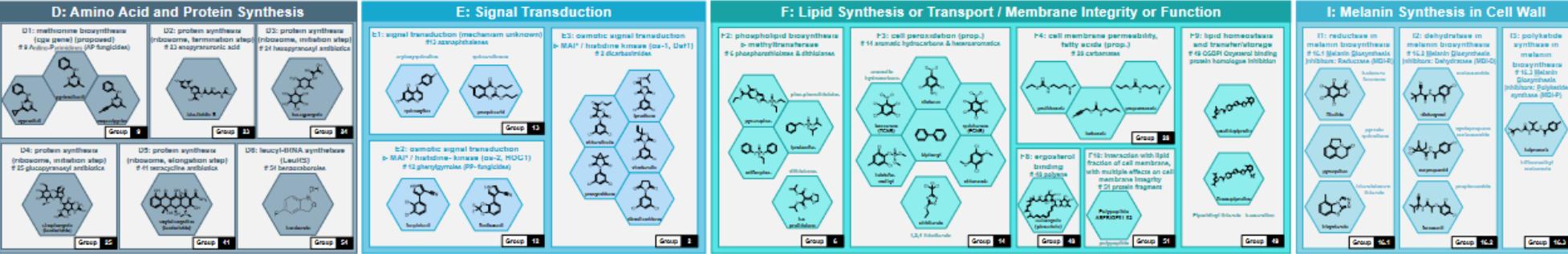
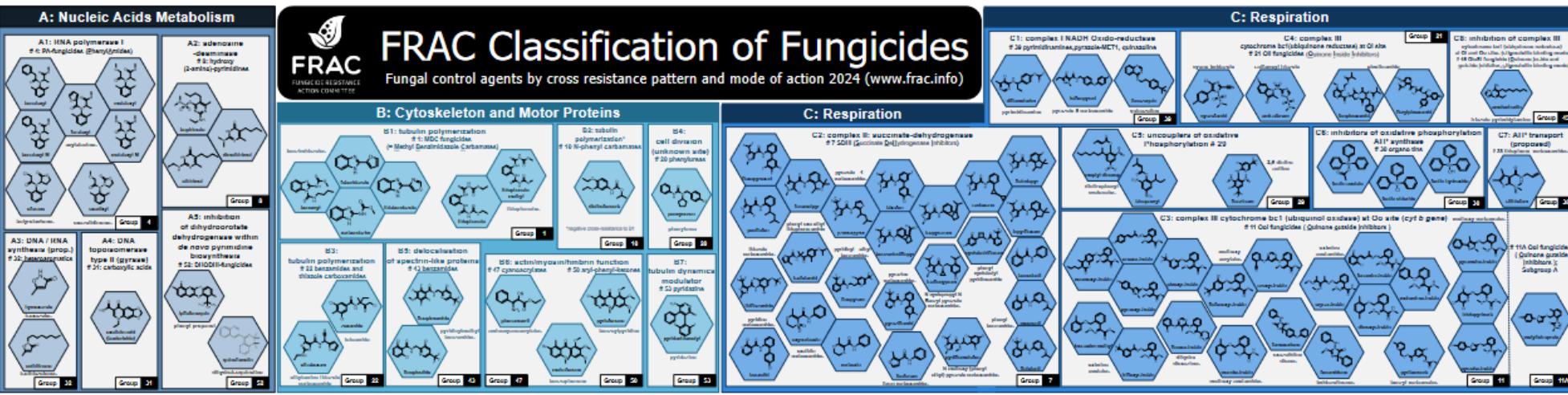
# Expulsión del fungicida usando sistema basado en ATPasas

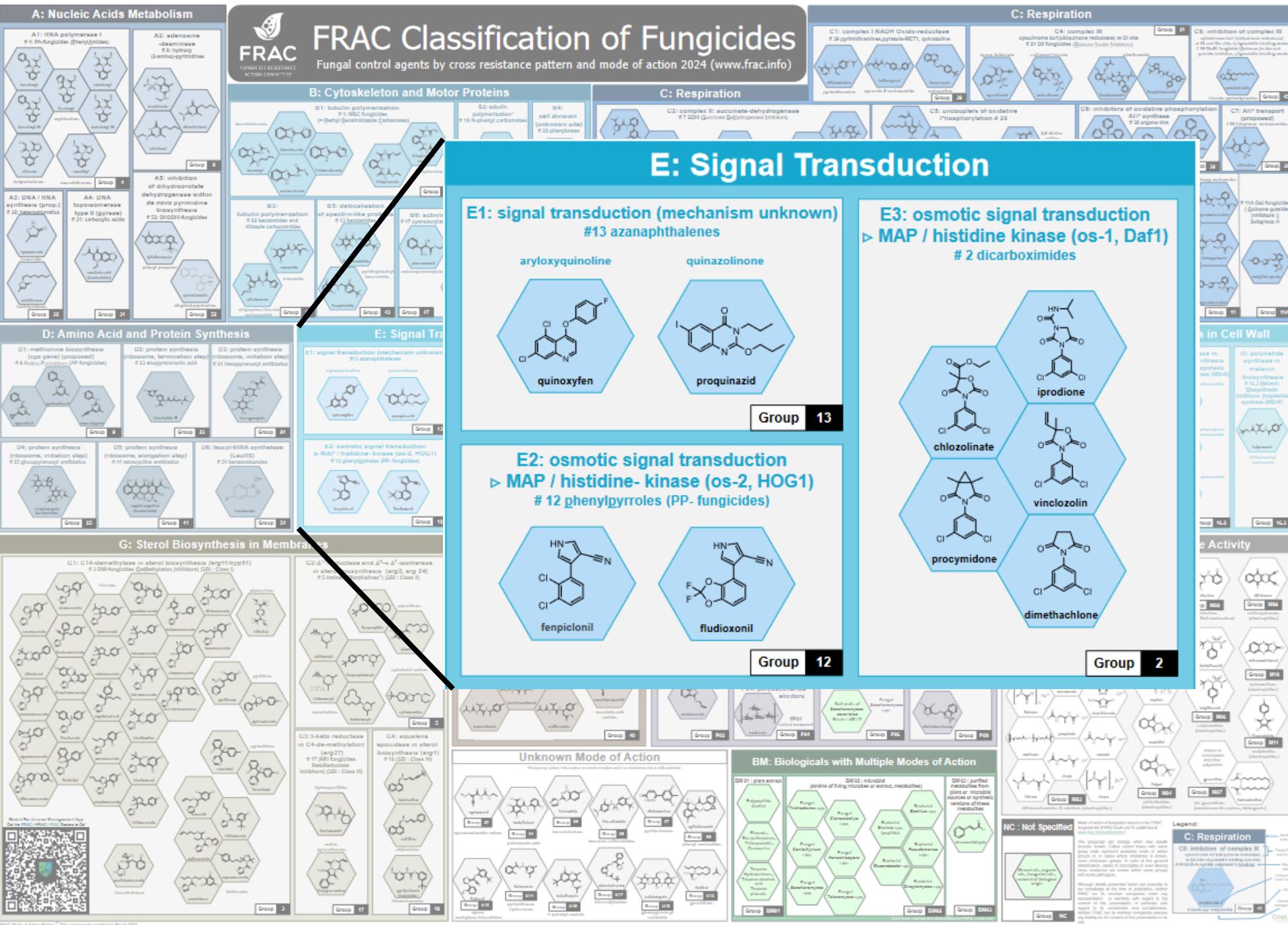
- Los sistemas de expulsión utilizando ABCs y MFSs han sido identificados en múltiples fitopatógenos.
- Estos sistemas son generales, y se usan para el transporte transmembrana de distintos compuestos
- Cuando los fungicidas son detectados, puede ser expulsados antes de que hagan daño

**A****C****B**

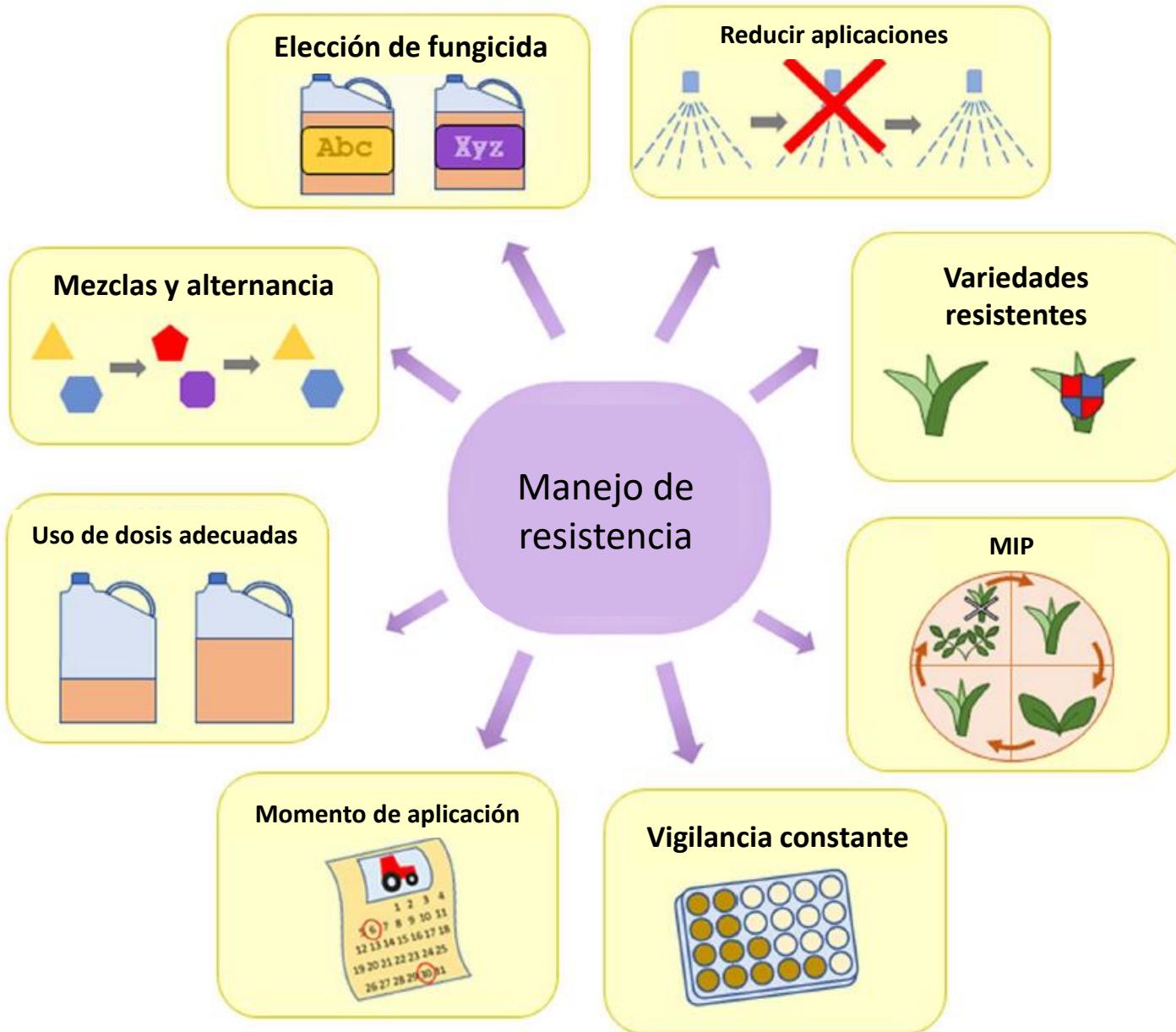
# Volvamos al FRAC

- Cada año, el FRAC presenta un poster y una lista detallada de los compuestos fungicidas accesible en su sitio web:
- <https://www.frac.info/media/ljsi3qrv/frac-code-list-2025.pdf>





MOA	TARGET SITE AND CODE	GROUP NAME	CHEMICAL OR BIOLOGICAL GROUP	(ISO) COMMON NAME	COMMENTS	FRAC GROUP CODE
E: signal transduction	E1 signal transduction (mechanism unknown)	aza-naphthalenes	aryloxyquinoline	quinoxyfen	resistance to quinoxyfen known <b>Medium Risk</b>	13
			quinazolinone	proquinazid	Resistance Management required cross-resistance found in <i>Erysiphe necator</i> but not in <i>Blumeria graminis</i>	
	E2 MAP/Histidine-Kinase in osmotic signal transduction (os-2, HOG1)	PP-fungicides (PhenylPyrroles)	phenylpyrroles	fencpiclonil fludioxonil	resistance found sporadically, mechanism speculative <b>Low to Medium Risk</b> Resistance Management required	12
	E3 MAP/Histidine-Kinase in osmotic signal transduction (os-1, Daf1)	dicarboximides	dicarboximides	chlozolinate dimethachlone iprodione procymidone vinclozolin	resistance common in <i>Botrytis</i> and some other pathogens, several mutations in OS-1, mostly I365S cross-resistance common between the group members <b>Medium to High Risk</b> see FRAC Dicarboximide Guidelines for Resistance Management	2



# Manejo de resistencia

- El número total de aplicaciones de **fungicidas de alto riesgo** debe ser mínimo pero efectivo.
  - En algunos casos, un fungicida solo se aplica una vez por ciclo de cultivo.

## Resistance Management

Use AMISTAR as part of an Integrated Crop Management (ICM) strategy incorporating other methods of control, including where appropriate other fungicides with a different mode of action.

To avoid the likelihood of resistance developing, applications of AMISTAR should be made with due regard to current FRAC guidelines for Qo1 compounds as illustrated below in the following table:

Total number of fungicide spray applications per crop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	≥12
Maximum recommended solo Qo1 fungicide sprays	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
Maximum recommended Qo1 fungicide sprays in mixture	1	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4

No more than 3 applications of AMISTAR are permitted per crop. Refer to the FRAC website for updates on recommendations for resistance management.

**IMPORTANT INFORMATION****FOR USE ONLY AS AN AGRICULTURAL/HORTICULTURAL FUNGICIDE**

Crop	Maximum individual dose (litres product/ha)	Maximum number of treatments (per crop)	Minimum spray interval (days)	Latest time of application
Wheat, rye and triticale	1	2	14	Before watery ripe stage (GS 71)
Barley, oats	1	2	14	Before beginning of flowering (GS 61)
Peas – combining	1	2	14	35 days before harvest
Fresh Peas (vining, garden pea, sugar snap, mange tout)	1	2	14	14 days before harvest
Broad beans	1	2	14	14 days before harvest
Fresh Beans (green bean)	1	2	14	7 days before harvest
Field Beans, lupins	1	2	21	35 days before harvest
Bulb onions, garlic, shallots	1	3	7	14 days before harvest
Leeks	1	3	12	21 days before harvest
Carrots	1	3	7	14 days before harvest
Asparagus (outdoor)	1	2	10	Before senescence
**Brussels sprout, Cabbage, cauliflower, kale (winter greens), collards (spring greens), broccoli and calabrese – all outdoor	1	2	12	14 days before harvest
Strawberries (outdoor and protected)	1	3	7	3 days before harvest
**Lettuce, endive (including frisee, escarole), chicory (radicchio), (outdoor and protected)	1	2	7	14 days before harvest
Potato (in-furrow)	3	1	-	At planting, applied as an in-furrow treatment
Potato (foliar spray)	0.5	3	7	7 days before harvest
Winter and Spring Oilseed rape	1	2	21	21 days before harvest

**Other Specific Restrictions:**

To reduce the risk of resistance developing in target diseases the total number of applications of product containing Qo1 fungicides made to any cereal crop must not exceed two.

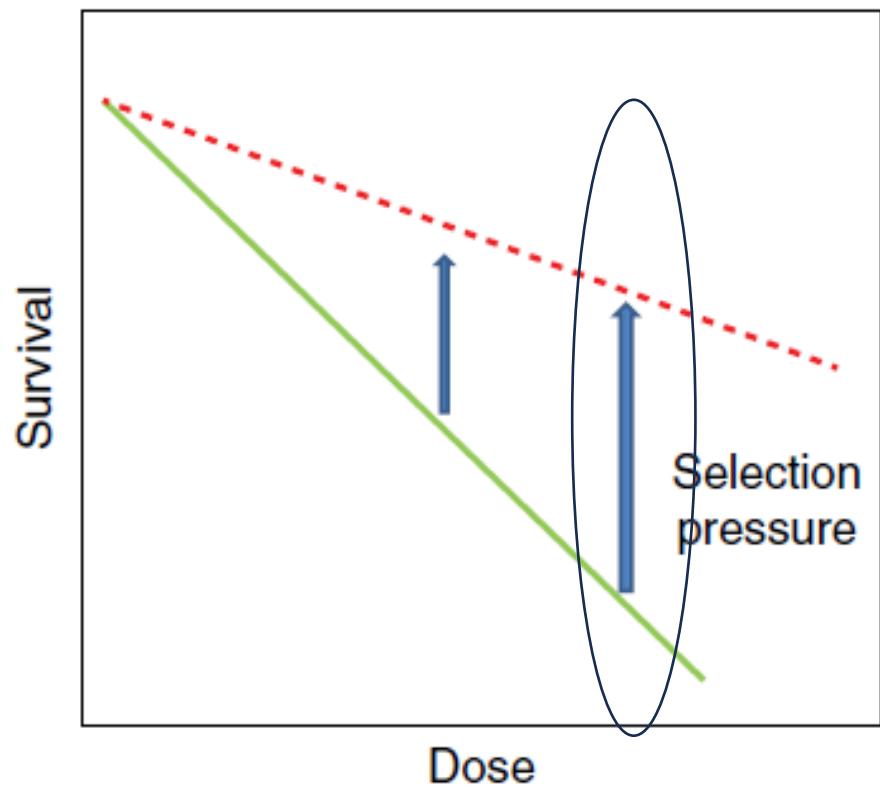
When used in a protected situation other than "permanent protection with full enclosure", aquatic buffer zones in line with LERAP requirements must be observed.

\*\*A maximum total dose of 500g azoxystrobin must not be exceeded within a 12 month period on the same field.

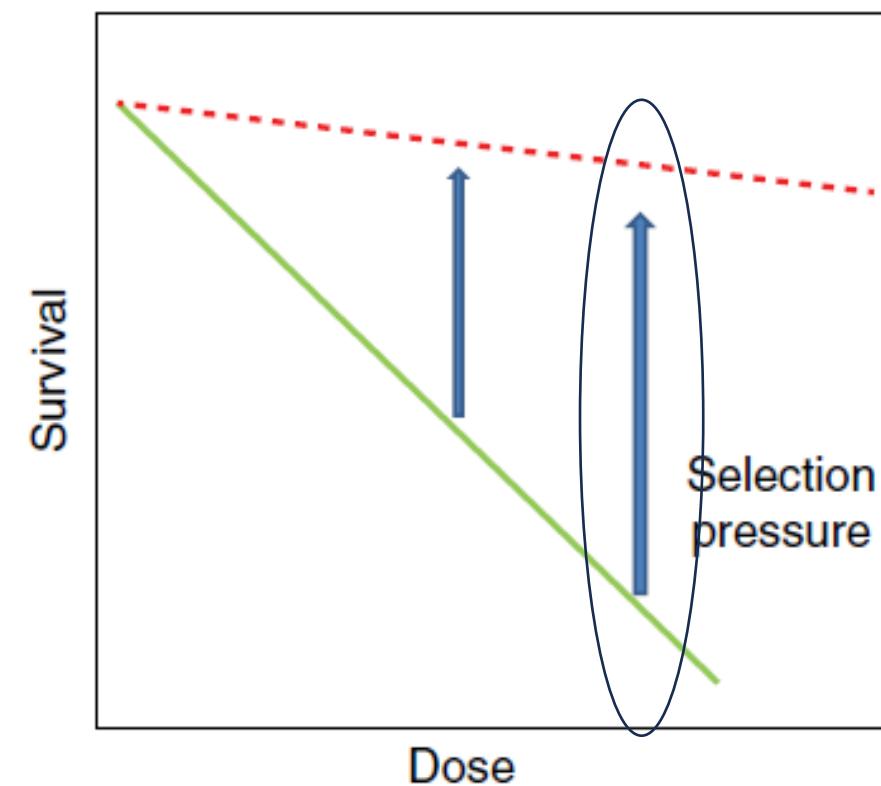
# Manejo de resistencia

- Uso de la dosis mínima requerida para controlar el patógeno cuando la incidencia y severidad aún son bajas.
- Se ha establecido que el uso de dosis bajas disminuye las posibilidades de desarrollar resistencia.
  - Ver el siguiente diagrama

(a) Moderadamente resistente



(b) Altamente resistente



— Sensible  
- - - Resistente

# Manejo de resistencia

- Alternancia
  - Reduce la probabilidad de que la enfermedad se mantenga.
  - El uso de **modos de acción distintos** es la mejor estrategia.
- Mezclas
  - Con las mezclas hay menor oportunidad de resistencia, incluso para fungicidas de riesgo alto.
  - Por esta razón es muy común ver formulaciones de algún fungicida con un multisitio como Mancozeb, Clorotalonilo, o también otros tipos de fungicidas.

¡ALTO! LEA EL PANFLETO ANTES DE USAR EL PRODUCTO Y CONSULTE  
AL PROFESIONAL EN CIENCIAS AGRÍCOLAS



# Bellis® 38 WG

FUNGICIDA-CARBOXAMIDA, ESTROBILURINA  
BOSCALID, PYRACLOSTROBIN

## PRECAUCIÓN

ANTÍDOTO: NO TIENE

ESTE PRODUCTO PUEDE SER MORTAL SI SE INGIERE Y/O SE INHALA  
PUEDE CAUSAR DAÑOS A LOS OJOS Y A LA PIEL POR EXPOSICIÓN

NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACIÓN  
MANTENGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS, PERSONAS  
MENTALMENTE INCAPACES, ANIMALES DOMÉSTICOS,  
ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS.



## USO AGRONÓMICO:

**MODO DE ACCIÓN:** BELLIS 38 WG es un fungicida sistémico con acción preventiva y curativa erradicante, que combina la acción del Pyraclostrobin y del Boscalid. Ambas sustancias afectan la producción de energía de la células del hongo, afectando sus funciones vitales. Preventivamente actúa inhibiendo los estados tempranos del desarrollo del hongo desde la germinación de la espora hasta la formación del apresorio. La acción curativa y erradicante del Pyraclostrobin provoca la desintegración de las cadenas de esporas, inhibiendo consistentemente la esporulación. Al mismo tiempo dejan de funcionar los sistemas de bombeo de la membrana celular. El lugar de acción (a nivel molecular) es la cadena de respiración en la mitocondria. El Boscalid inhibe la germinación de esporas impide la elongación del tubo germinativo, el crecimiento micelial y la esporulación. A nivel molecular inhibe la succionato deshidrogenasa, enzima que es parte importante en el Ciclo Krebs, y por lo tanto afecta el flujo de carbonos a los metabolitos como la cadena de ATP.

81045584 NVA 2018-05-156-0499

Los ingredientes activos de BELLIS 38 WG presentan sitios de acción diferentes, de esta manera se reduce el riesgo de resistencia cruzada.

BELLIS 38 WG se absorbe translaminarmente a través del tejido de la hoja y se transloca vía acrópeta hacia el ápice y márgenes de las hojas. De esta forma, con este tipo de translocación, áreas de planta que no fueron tratadas reciben protección.

Utilizando BELLIS 38 WG, en las dosis recomendadas, pueden ocurrir efectos fisiológicos positivos en la fisiología de las plantas, como un incremento en la productividad o calidad del producto final.

Gránulos dispersables en agua WG  
Fungicida  
Uso agrícola  
Reg. Nal. ICA 0285  
Actualización: 08 junio de 2021



F

# Bellis® WG

Bellis ® WG es un fungicida sistémico de acción translaminar con efecto preventivo y curativo eficaz para el control de hongos. Bellis ® WG combina Boscalid y Pyraclostrobin para un mayor efecto de choque y prolongada protección. Boscalid pertenece al grupo químico de las piridin-carboxamidas [FRAC 7] inhibe la respiración del hongo en el complejo II de la mitocondria y afecta el ciclo de Krebs. Pyraclostrobin pertenece al grupo químico de los metoxi-carbamatos [FRAC 11] los cuales hacen parte de los inhibidores externos de la quinona (QoI), que afectan la respiración celular del hongo inhibiendo la cadena de transporte de electrones en el complejo III de la mitocondria.

## COMPOSICIÓN GARANTIZADA:

### Ingredientes activos:

Boscalid ..... 252 gramos por Litro de formulación a 20°C  
2-cloro-N-(4'-clorobifenil-2-yl) nicotinamida  
Pyraclostrobin ..... 128 gramos por Litro de formulación a 20°C  
methyl {2-[1-(4-chlorophenyl)pyrazol-3-yloxy]methyl}phenyl}(methoxy)carbamato

Ficha técnica  
para  
Colombia

**¡ALTO! LEA EL PANFLETO ANTES DE USAR EL PRODUCTO Y  
CONSULTE AL PROFESIONAL EN CIENCIAS AGRONÓMICAS**

# **AMISTAR® 50 WG**

FUNGICIDA - ESTROBILURINA  
AZOXYSTROBIN

## **ATENCIÓN**

**ANTÍDOTO: NO TIENE**

**ESTE PRODUCTO PUEDE SER MORTAL SI SE INGIERE O SE INHALA. PUEDE CAUSAR DAÑOS A  
LOS OJOS Y A LA PIEL POR EXPOSICIÓN.**



**NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACIÓN.**

**MANTÉNGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS, PERSONAS MENTALMENTE INCAPACES,  
ANIMALES DOMÉSTICOS, ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS.**

### **USO AGRONÓMICO**

**MODO DE ACCIÓN:** Amistar® 50 WG es un fungicida sistémico, protectante, erradicante y antiesporulante, inhibidor de la respiración mitocondrial, bloqueando la transferencia de electrones entre citocromo b y citocromo c1, evitando así la formación de ATP.

**EQUIPO DE APLICACIÓN:** Aspersora de mochila o equipo accionado por tractor. Antes de utilizar el equipo de aspersión, revise cuidadosamente que esté en buen estado de funcionamiento. Antes de aplicar Amistar® 50 WG, calibre con agua el equipo de aspersión para verificar que está aplicando la dosis correcta. Se recomienda usar boquillas de cono hueco. Para dosificar la cantidad correcta de acuerdo al tanque de la aspersora, debe utilizar tazón medidor. Después de la aplicación, lave el equipo de aspersión con agua y jabón, deje secarlo y guárdelo. Utilice el equipo de protección personal, antes de usar y manipular Amistar® 50 WG.



**FORMA DE PREPARACIÓN DE LA MEZCLA:** Póngase el equipo de protección personal antes de usar y manipular Amistar® 50 WG. Como con todos los productos químicos, evite en lo posible el contacto con la solución. No comer, beber o fumar durante el manejo y aplicación de este producto. De acuerdo con la dosis de Amistar® 50 WG a utilizar, mézclelo en el tanque con agua limpia hasta la mitad; seguidamente complete el volumen de agua requerido. Agite para obtener una mezcla homogénea antes de comenzar la aspersión. Se recomienda una presión de 20 a 40 libras por pulgada cuadrada y un volumen de 200-400 litros de agua por hectárea (140-350 litros de agua por manzana). El pH adecuado del agua a utilizar debe estar entre un rango de 6 a 8.



**¡ALTO! LEA LA ETIQUETA Y EL PANFLETO ANTES DE USAR EL PRODUCTO, CONSULTE  
AL PROFESIONAL EN CIENCIAS AGRONÓMICAS.**

**syngenta®**

# **AMISTAR® 50 WG**

FUNGICIDA - ESTROBILURINA  
AZOXYSTROBIN

## **ATENCIÓN**

**ANTÍDOTO: NO TIENE**

**ESTE PRODUCTO PUEDE SER MORTAL SI SE INGIERE O SE INHALA.  
PUEDE CAUSAR DAÑOS A LOS OJOS Y A LA PIEL POR EXPOSICIÓN.**



**NO ALMACENAR ESTE PRODUCTO EN CASAS DE HABITACIÓN. MANTÉNGASE BAJO LLAVE FUERA DEL  
ALCANCE DE LOS NIÑOS, PERSONAS CON DISCAPACIDAD MENTAL, ANIMALES, ALIMENTOS Y  
MEDICAMENTOS.**

**USO AGRONÓMICO:** Fungicida de uso agrícola.

**MODO DE ACCIÓN:** Azoxystrobin pertenece al Grupo 11 de la clasificación por modo de acción de los fungicidas de FRAC. Tiene acción sistémica. Inhibe la respiración celular al impedir la transferencia de electrones entre el citocromo b y c1 evitando así la formación de energía (ATP) necesaria para el crecimiento y desarrollo del hongo. Es un potente inhibidor de la germinación de esporas y de los estadios iniciales en el desarrollo del patógeno.

**Manejo de resistencia:** El uso repetido de fungicidas del Grupo 11 contra poblaciones sucesivas del patógeno objetivo puede resultar en la selección de individuos resistentes. Como resultado, puede haber una pérdida parcial o total del control. Para evitar o retrasar la selección de poblaciones de patógenos resistentes, AMISTAR® 50 WG debe usarse como parte de un programa de manejo de resistencia que incluya: 1) Use los fungicidas de forma preventiva o en las primeras etapas del desarrollo de la enfermedad. 2) Se recomienda el uso de AMISTAR® 50 WG en mezcla con otro(s) fungicida(s) de diferentes modos de acción. 3) Se recomienda la rotación con fungicidas de diferentes modos de acción. 4) Consulte la guía más reciente de FRAC para obtener más orientación sobre el manejo de resistencia.

**EQUIPO DE APLICACIÓN:** Aspersora de mochila o equipo accionado por tractor. Antes de utilizar el equipo de aspersión, revise cuidadosamente que esté en buen estado de funcionamiento. Antes de aplicar AMISTAR® 50 WG, calibre con agua el equipo de aspersión para verificar que está aplicando la dosis correcta. Se recomienda usar boquillas de cono hueco. Para dosificar la cantidad correcta de acuerdo al tanque de la aspersora, debe utilizar tazón medidor.



**FORMA DE PREPARACIÓN DE LA MEZCLA:** Póngase el equipo de protección personal antes de usar y manipular AMISTAR® 50 WG. Como con todos los productos químicos, evite en lo posible el contacto con la solución. No comer, beber o fumar durante el manejo y aplicación de este producto. De acuerdo con la dosis de AMISTAR® 50 WG a utilizar, mézclelo en el tanque con agua limpia hasta la mitad; seguidamente complete el volumen de agua requerido. Agite para obtener una mezcla homogénea antes de comenzar la aspersión. El pH adecuado del agua a utilizar debe estar entre un rango de 6 a 8. Se recomienda una presión de 20 a 40 libras por pulgada cuadrada y un volumen de solución que permita hacer una adecuada cobertura del cultivo. Use la mezcla el mismo día de su preparación. Despues de cada aplicación lave el equipo con agua y jabón, deje secarlo y guárdelo.



# Manejo de resistencia

- Uso de código FRAC en *Alternaria solani* de tomate

Ingrediente activo	Código FRAC
Captan	M04
Azoxistrobina	11
Propineb	M03
Sulfato de Cobre	M01
Metconazol	3
Iprodiona	2
Oxicloruro de cobre	M01
Piraclostrobin + Boscalid	11 + 7

Registrados  
para tomate y  
*A. solani* en  
Costa Rica

Fungicide	Active Ingredient(s)	FRAC CODE	Fungicide Resistance Management Guidelines																				
			Resistance Risk		Damping-off ( <i>Pythium</i> )		Bacterial Canker		Bacterial spot and speck		Botrytis fruit rot (Gray mold)		Buckeye rot/fruit rot		Late blight		Leaf mold ( <i>Passalora</i> )		Early blight and Septoria leaf spot		Anthracnose & Alternaria fruit rots		Powdery mildew
Actigard	acibenzolar-s-methyl	P1	L		X	X			H <sup>R</sup>	H <sup>R</sup>											No more than 6 applications per season, see label		
fixed copper(s)	copper	M1	L		X	X																	
ManKocide	copper + mancozeb	M1 + M3	L				X																
mancozeb	mancozeb	M3	L				X						X			X	X						
Gavel	mancozeb + zoxamide	M3 + 22	L-M								X	X			X	X							
chlorothalonil	chlorothalonil	M5	L					X			X				X	X							
Zing!	chlorothalonil + zoxamide	M5 + 22	L-M								X				X	X							
Rally	myclobutanil	3	M															X			Tank mix, rotate with other FRAC codes		
Aprovia Top	difenconazole + benzovindiflupyr	3 + 7	M-H												X	X	X						
Inspire Super	difenconazole + cyprodinil	3 + 9	H												X	X	X						
Quadris Top	difenconazole + azoxystrobin	3 + 11	H												X	X							
Revus Top	difenconazole + mandipropamid	3 + 40	M-H										X	X	X	X	X						
MetaStar	metalaxyl	4	H <sup>R</sup>		X																High risk, resistance known		
Ridomil Gold, Ultra Flourish	mefenoxam	4	H <sup>R</sup>		X						X												
Ridomil Gold Copper	mefenoxam + copper	4 + M1	M								X												
Ridomil Gold Bravo, Fluronil	mefenoxam + chlorothalonil	4 + M5	M								X												

#### Fungicide resistance management guidelines for FIELD-GROWN TOMATOES in mid-Atlantic region - 2019

FRAC code: M = multi-site MOA, numbered codes = chemistries with similar mode-of-action, specific site (MOA)

Risk management: L = low risk, M = moderate risk or H = high risk for fungicide resistance to develop, H<sup>R</sup> = Known resistance reported

High-risk fungicides with similar MOA (i.e. same FRAC code number) should not be sprayed consecutively

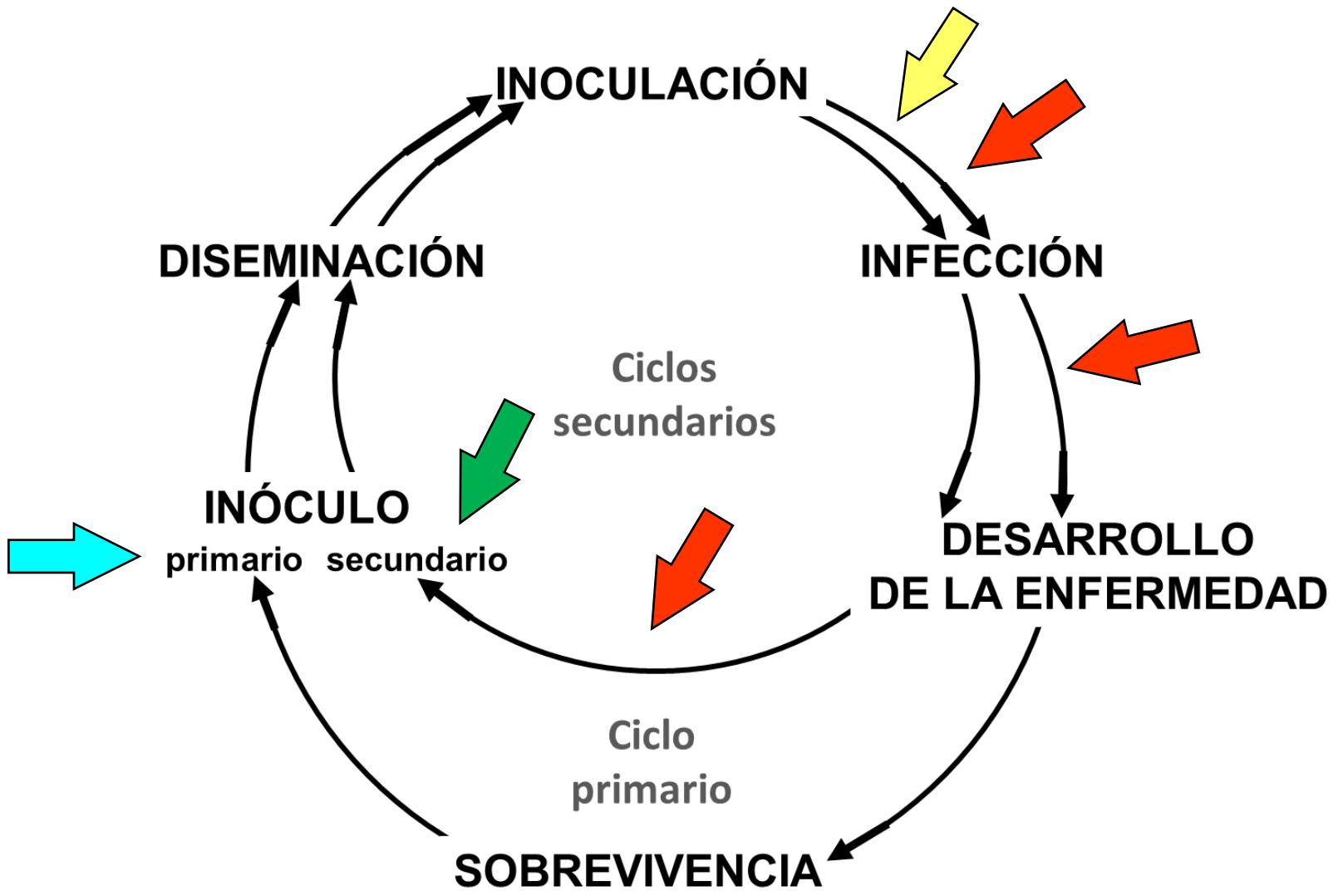
Fungicide	Active Ingredient(s)	FRAC CODE	Resistance Risk	Damping-off ( <i>Pythium</i> )	Bacterial Canker	Bacterial spot and speck	Botrytis fruit rot (Gray mold)	Buckeye rot/fruit rot	Late blight	Leaf mold ( <i>Passalora</i> )	Early blight and Septoria leaf spot	Anthracnose & Alternaria fruit rots	Powdery mildew	Southern Blight	Fungicide Resistance Management Guidelines
				L	L	H <sup>R</sup>	H <sup>R</sup>	L	H <sup>R</sup>	L	H <sup>R</sup> /L	L	H <sup>R</sup>	L	
Endura	boscalid	7	M			X				X	X				
Fontelis	penthiopyrad	7	M							X	X				Tank mix, rotate with other FRAC codes
Priaxor	fluxapyroxad + pyraclostrobin	7 + 11	H							X	X				
Switch	cyprodinil + fludioxonil	9 + 12	M			X									Rotate with other FRAC codes
azoxystrobin	azoxystrobin	11	H								X	X			
Reason	fenamidone	11	H						X						
Cabrio	pyraclostrobin	11	H							X	X	X			
Flint	trifloxystrobin	11	H							X	X				
Tanos	famoxadone + cymoxanil	11 + 27	H					X	X	X	X				
Quintec	quinoxyfen	13	H									X			Tank mix, rotate with other FRAC codes
Blocker	PCNB	14	L-M										X		See label
Ranman	cyazofamid	21	M-H						X						
Curzate	cymoxanil	27	L-M						X						
Previcur Flex	Propamocarb HCL	28	L-M						X						Tank mix with a protectant, rotate with other FRAC codes
Aliette	fosetyl-al	33	L	X											
Forum	dimethomorph	40	L-M						X						
Presidio	fluopicolide	43	H						X						

Fungicide resistance management guidelines for FIELD-GROWN TOMATOES in mid-Atlantic region - 2019

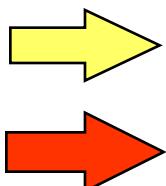
FRAC code: M = multi-site MOA, numbered codes = chemistries with similar mode-of-action, specific site (MOA)

Risk management: L = low risk, M = moderate risk or H = high risk for fungicide resistance to develop, H<sup>R</sup> = Known resistance reported

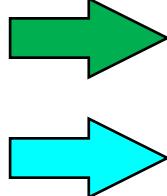
High-risk fungicides with similar MOA (i.e. same FRAC code number) should not be sprayed consecutively



Protectores  
Sistémicos



Erradicantes de contacto  
Erradicantes en el suelo



# Factores que influyen en el riesgo de desarrollo de resistencia a fungicidas

Factor	Mayor riesgo	Menor riesgo
Tasa de reproducción del patógeno	alta	baja
Mecanismos de reproducción	sexual	asexual
Adaptabilidad de población resistente	alta	baja
Variabilidad del patógeno	alta	baja
Prácticas de combate de enfermedades	predominantemente químicas	combinación con otras prácticas

# Factores que influyen en el riesgo de desarrollo de resistencia a fungicidas

Factor	Mayor riesgo	Menor riesgo
Tipo de fungicida	inhibidor específico	inhibidor multisitio
Frecuencia de aplicación	alta	baja
Criterio de aplicación	calendario	criterio epidemiológico
Momento de aplicación post-infección	Post-síntomas	Pre-síntomas
Rotación de fungicidas	uso constante del mismo fungicida	rotación entre fungicidas con diferente modo de acción
Mezcla de fungicidas	uso del fungicida solo	mezcla de fungicidas con diferente modo de acción

# La resistencia en CR

## RESUMEN

Agronomía Costarricense 25(1): 33-44, 2001

### RESISTENCIA DE AISLAMIENTOS DE *Phytophthora infestans* AL METALAXYL EN EL CULTIVO DE LA PAPA EN COSTA RICA<sup>1/\*</sup>

Oswaldo Páez\*, Luis Gómez\*\*, Arturo Brenes\*\* y Roberto Valverde<sup>2/\*\*</sup>

Palabras clave: *Phytophthora infestans*, papa, metalaxyl-M, Ridomil Gold, CE<sub>50</sub>, Costa Rica.

Un total de 118 aislamientos de *Phytophthora infestans* se recolectaron entre julio de 1999 y enero de 2000 en las 2 principales zonas productoras de papa en Costa Rica, Norte de Cartago y Zarcero. La resistencia de los aislamientos se evaluó *in vitro* midiendo el crecimiento radial del micelio en un medio suplementado con metalaxyl. Los aislamientos se clasificaron como resistentes, intermedios o sensibles; 75 aislamientos (64%) fueron resistentes al metalaxyl y 43 (36%) fueron sensibles a este fungicida. No se encontraron aislamientos intermedios. La frecuencia de aislamientos resistentes varió marcadamente entre zonas. En Cartago, la relación de aislamientos resistentes:sensibles fue aproximadamente de 1:1, mientras que en Zarcero fue de 7:1. No se observó ningún cambio en la frecuen-

# La resistencia en CR

En 1991 cuando se había detectado resistencia a benomil en varias fincas bananeras de la Costa Atlántica de Costa Rica; representantes técnicos de las principales compañías Bananeras se reunieron para intercambiar información y establecer normas para un uso adecuado de fungicidas en el control de sigatoka negra. Se

C. gloeosporioides aislado de frutos de plantaciones asperjadas con Benomil indicaron la presencia de aislamientos de este hongo resistentes a Benzimidazoles. Esta información fue presentada en el II Congreso Nacional de Fitopatología de la Asociación Costarricense de Fitopatólogos del 12 al 14 de mayo de 1993, por G. Astua, L.F. Arauz y G. Umaña.

# Una bola curva...

[https://www.cropscience.bayer.co.nz/  
news-and-insights/news/news-  
container/2022/11/01/11/28/the-  
value-of-dmi-stacking](https://www.cropscience.bayer.co.nz/news-and-insights/news/news-container/2022/11/01/11/28/the-value-of-dmi-stacking)

## The value of 'DMI stacking'

01 November 2022

This article explains why DMI stacking (also known as triazole stacking) is effective, both in terms of disease control and in preventing a reduction in speckled leaf blotch (SLB) sensitivity to fungicides.

Group 1	Group 2
Prothioconazole	Tebuconazole
Epoxiconazole	Mefentrifluconazole
Propiconazole	Metconazole
Cyproconazole	Difenoconazole

This is the value of using fungicides that adopt DMI stacking.

### Prosaro and Kestrel®, DMI stacked fungicides.

Two popular arable fungicides which adopt DMI stacking in New Zealand are Prosaro and Kestrel.

Both Prosaro and Kestrel contain the DMI fungicides prothioconazole and tebuconazole, formulated together into well balanced and very effective mixtures that have been extensively tested under New Zealand conditions.

These products deliver very effective control of SLB, leaf and stripe rust in wheat while supporting a strong fungicide resistance management strategy.

With the key disease control timings of GS39 (T2) and GS60-65 (T3) upon us now is the time to apply Prosaro or Kestrel in mixture with a demethylase inhibitor fungicide such as VIMOY® iblon®.

\* Heick, M.H., Matzen, N., and Jorgensen, L.N. (2020): 'Reduced field efficacy and sensitivity of demethylation inhibitors in the Danish and Zymoseptoria tritici populations', Eur J Plant Pathol, <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02029-2>

# Una bola curva...

ADAMA NZ Portfolio Manager Hamish Mulcock says the stacked chemistry of DMIs provide the extra-level robustness that cereal protection toolboxes need in the era of increasing fungicide resistance.

DMI stacking (also known as triazole stacking) is where two DMI fungicides (Group 3) with different cross resistance profiles are applied together. These are used to control fungal diseases including Septoria (*Zymoseptoria tritici* or speckled leaf blotch) in wheat, Ramularia (*Ramularia collo-cygni*) in barley, and Eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) in a variety of cereals.

Hamish says for the stacked fungicides to provide a real benefit it is important that they have different cross resistance pathways.

Bolide® features an innovative combination of stacked epoxiconazole and prochloraz – complementary DMI actives. Hamish explains that, in the DMI fungicide ‘Group 3’, epoxiconazole is categorised as part of the Triazole chemical family, while prochloraz is in the Imidazole chemical family.

In recent seasons, it has been considered good management practice to apply “stacked” triazoles. This involves mixing two DMI – triazole active ingredients that have different cross resistant pathways to provide increased efficacy and to slow the rate of sensitivity shifts. Unfortunately, the mutations that cause reduced sensitivity affect each DMI - triazole active ingredient in different ways, which makes it difficult to predict the performance of “stacked” triazole products. This highlights the need to apply fungicides in mixtures of multiple MOA groups rather than within the Group 3 actives.

- Aún no se aprueba por parte de FRAC el uso del DMI stacking

# Equipo calibrado

- Garantiza que haya una distribución más uniforme de los productos fitosanitarios
- Ahorra dinero
- Sub-aplicaciones se suelen asociar con la aparición de resistencia

# Monitoreo constante

- Tener el pulso del cultivo para detectar la aparición de enfermedades
- Las aplicaciones son más efectivas cuando la incidencia (% plantas infectadas) es baja.
- Establecimiento de líneas base
  - Aunque sea tarde, siempre es bueno tener una línea base.

# Inductores de resistencia

- El uso de inductores de resistencia como un complemento a los fungicidas prepara a las plantas de mejor manera.
- La inducción del sistema de defensa también se puede obtener con organismos de control biológico.
- En ambos casos deben establecerse los mejores productos para el cultivo en cuestión

# Control biológico (¿?)

- El uso de microorganismos benéficos en alternancia con fungicidas ha demostrado buen control de enfermedades.
  - Principalmente en manejo de *Fusarium*, *Phytophthora* y otros patógenos de suelo.

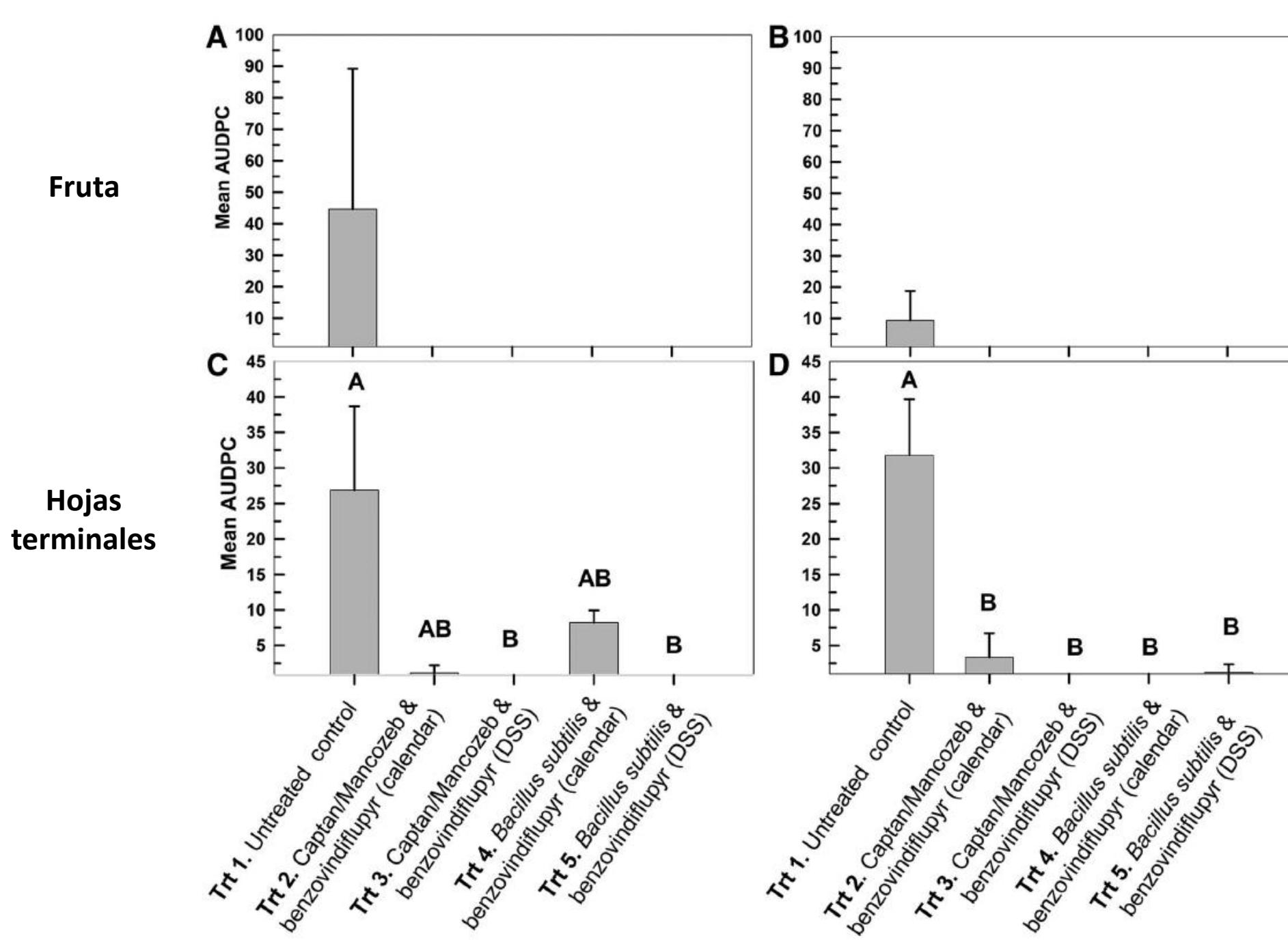
Plant Disease • 2021 • 105:3545-3553 • <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-21-0426-RE>

e-Xtra\*

**Optimizing the Integration of a Biopesticide (*Bacillus subtilis* QST 713) with a Single-Site Fungicide (Benzovindiflupyr) to Reduce Reliance on Synthetic Multisite Fungicides (Captan and Mancozeb) for Management of Apple Scab**

**K. M. Ayer, D. A. Strickland, M. Choi, and K. D. Cox<sup>†</sup>**

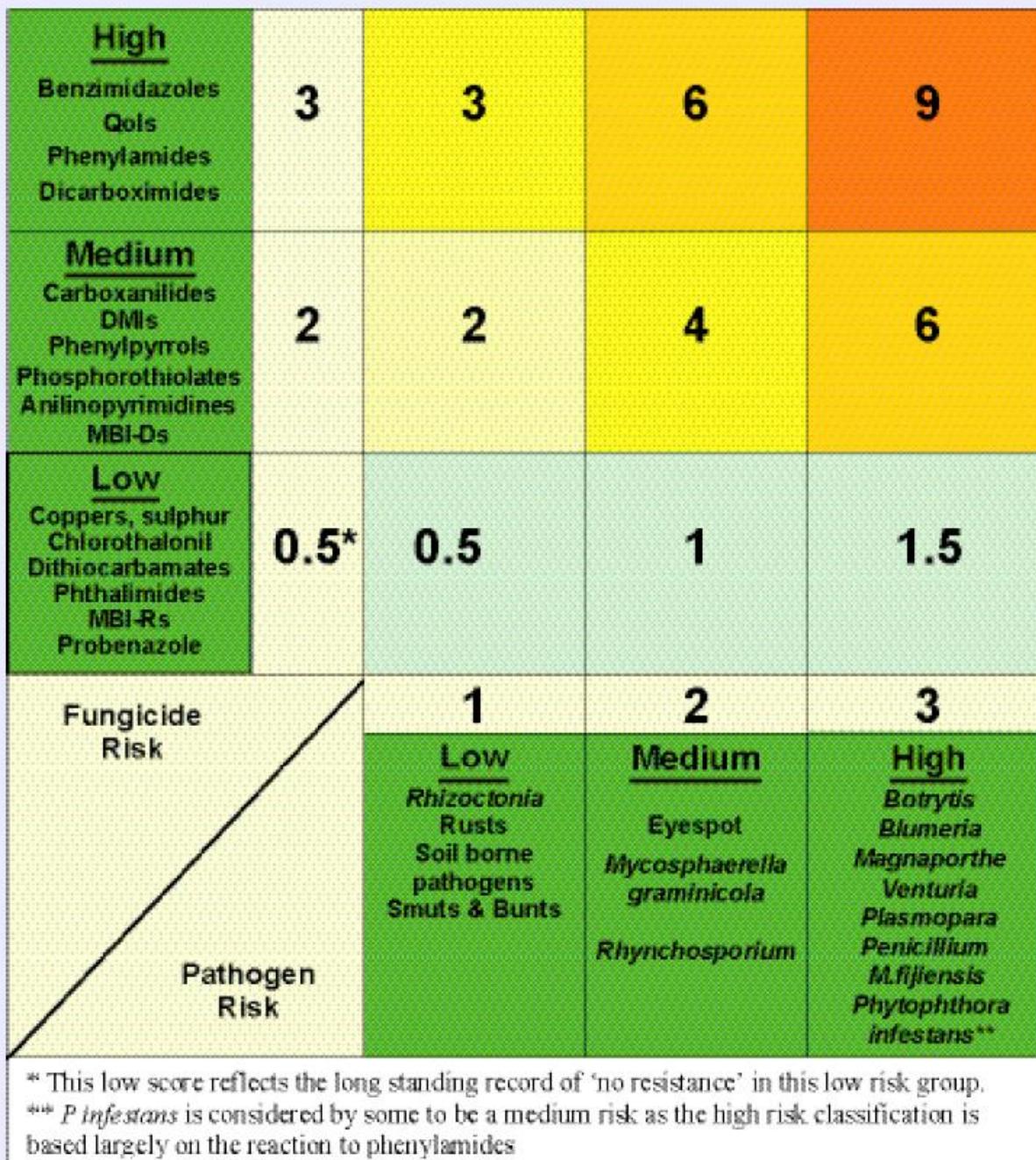
Section of Plant Pathology and Plant-Microbe Biology, Cornell AgriTech, Cornell University, Geneva, NY 14456



Combined risk: 0.5 – 1.5 = low, 2-6 = medium, 9 = high

**Fig 4.**

This diagram exemplifies interactions between inherent (or intrinsic) fungicide and pathogen risks of resistance development. The risk categorisation is approximate and the scores are arbitrary. Nevertheless, these are probably the best estimates that can be made in the light of current knowledge. They represent risks under conditions of unrestricted fungicide use and severe, sustained disease pressure. Estimates of actual risk in a country or region must also take into account a range of conditions of fungicide use (see below).



# Toxicología y ecotoxicología

- El destino de los agroquímicos importa.
- En un esquema de manejo de resistencia, deben considerarse las implicaciones de salud y ambientales de los productos fitosanitarios.
- Los impactos en salud pública en CR han sido significativos
  - Acuíferos en Siquirres, zona norte de Cartago.
  - Derrame de mancozeb en Puntarenas.

Investigación PNUD

**Cóctel de 33 pesticidas contamina cuenca del río Sixaola y alcanza la laguna Gandoca en área protegida**

Por Lucía Molina | lucymolina07@gmail.com  
12 junio, 2024

Muestreos identificaron 13 pesticidas en hasta 24 veces más concentración de lo adecuado. Costa Rica no tiene un sistema de monitoreo de estos químicos, asociados principalmente a los extensivos monocultivos de banano y plátano en la zona.

# Toxicología y ecotoxicología

## EQUIPO DE APLICACIÓN:

Verifique que el equipo de aplicación terrestre manual o mecánico esté en buenas condiciones de uso y calibrado. Utilice boquillas de cono hueco. El producto no tiene acción corrosiva sobre el equipo de aplicación.



---

**NO ALMACENAR ESTE PRODUCTO EN CASAS DE HABITACIÓN  
MANTÉNGASE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS**



**NO COMER, FUMAR O BEBER DURANTE EL MANEJO  
Y APLICACIÓN DE ESTE PRODUCTO  
BÁÑESE DESPUÉS DE TRABAJAR Y PÓNGASE ROPA LIMPIA**



## SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN:

No se conoce en humanos. Pueden presentarse reacciones alérgicas a personas susceptibles, irritación de los ojos, náuseas, vómito, diarrea, cólicos, fiebre e irritación de la piel.

## PRIMEROS AUXILIOS:

**INGESTIÓN:** Dé a beber jarabe de Ipecacuana a una dosis de 30 mL para adultos y 15 mL para niños, seguido de dos vasos de agua. En caso de no tener jarabe, provoque el vómito, de a beber dos vasos de agua y frote la base de la lengua con el dedo u objeto no punzante.

**INHALACIÓN:** Retire el paciente a un lugar ventilado, seco y aireado. Afloje las prendas de vestir y vigile la respiración.

**CONTACTO CON LOS OJOS:** Lave la parte afectada por espacio de 15 minutos con agua limpia.

**CONTACTO CON LA PIEL:** Quite las prendas de vestir y lave la parte afectada con suficiente agua y jabón.

**NUNCA DÉ A BEBER NI INDUZCA EL VÓMITO A  
PERSONAS EN ESTADO DE INCONSCIENCIA.**

# Toxicología y ecotoxicología

Cuadro 17.6. Capacidad irritativa (C.I.), actividad alergénica (A.A.), y toxicidad crónica (mutagenicidad (Mut), oncogenicidad (Onc), teratogenicidad (Ter) y efectos reproductores (E.R.)) de algunos fungicidas.

Fungicida	C. I.		A.A.	Mut	Onc	Ter	E.R.
	ocular	dérmica					
metalaxil	L	L	-	-	?	-	-
fosetyl	-		ND	-	ND	-	ND
carboxin	L	L	ND	-	D*	-	-
tridemorph	S	S	ND	ND	ND	ND	ND
propiconazol	M	M	+	-	D	-	-
ciproconazol	-	-	ND	ND	ND	ND	ND
PbAsO <sub>4</sub> *	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND
prochloraz	+	+	ND	ND	ND	ND	ND
benomil	M	-	L	?	C	+	-
Cu(OH) <sub>2</sub>	+		ND	ND	D	ND	ND
captan	L	L	M	+	C	+	-
mancozeb**	L		+	?	ND	?	ND
clorotalonil	Co	M	+	-	B	-	-
PCNB	S	-	ND	-	ND	-	-

\*Se acumula en los tejidos

\*\*La etileniourea (ETU) (producto de degradación) es carcinogénica, y afecta el sistema digestivo y la glándula tiroideas

Clave: L=Ligera. M=moderada. S=severa. Co=corrosiva. + =positiva. - =negativa. ND=No determinado.

A,B,C,D: Categorías de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: A: Conocido carcinógeno humano, B: Probable carcinógeno humano, C: Posible carcinógeno humano, D: No clasificado, E: Evidencia de no carcinógeno.

Fuente: Castillo et al., 1995.

**Table 12.1.** Acute toxicology of a range of fungicides. (Authors' own table.)

Compound	LD <sub>50</sub> (rats) (mg/kg bw)
Benomyl	10,000
Captan	9,000
Chlorothalonil	10,000
Cyproconazole	1,020
Cyprodinil	2,000
Fenpiclonil	5,000
Fenpropimorph	3,000
Fentin	140–298
Iprodione	3,500
Kresoxim-methyl	5,000
Mancozeb	5,000
Metalaxyl	669
Polyoxin	21,000
Propiconazole	1,517

LD<sub>50</sub>, lowest dose resulting in 50% mortality; bw, body weight.

# Toxicología y ecotoxicología

Cuadro 17.9. Aspectos ambientales de algunos fungicidas.

Fungicida	Toxicidad hacia				Persistencia en el suelo	Bioacumulación	Movilidad en el suelo
	peces	crustáceos	aves	abejas			
metalaxil	L	M	L	L	M a E	L	E
fosetyl	L	L	L	L	No	L	E
carboxin	E	M	L	L	M	L	M
iprodione	A	E	A	M	M	M	M
tridemorph	A	A	L	L	M	A	I
propiconazol	M	M a A	L	M	A	M	I a L
ciproconazol	M	ND	L	L	A	M	L
PbAsO <sub>4</sub>	L	ND	M	ND	ND	ND	ND
procloraz	A	ND	L	L	E	A	ND
benomil	E	E	L	L	M	L	I
Cu(OH) <sub>2</sub>	E	ND	L	L	ND	ND	ND
captan	E	A	L	No	ND	ND	E
mancozeb	E	E	L	L	No	ND	I
clorotalonil	E	E	L	L	A	M	L
kasugamicina	M	M	L	L	No	ND	I
iprobenfos	A	ND	ND	ND	ND	ND	ND
edifenfos	A	ND	L	No	ND	ND	ND
triciclazol	A	ND	M	ND	L	L	ND
PCNB	No	ND	M	No	A	A	I

Clave: L, Ligera. M, moderada. A, alta. E, extrema. I, inmóvil.

+ = poco persistente, ++ = más persistente. ND, no determinado

Fuente: Castillo *et al.*, 1995

# Toxicología y ecotoxicología

## MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE:

### TÓXICO PARA PECES Y CRUSTÁCEOS



NO CONTAMINE RÍOS, LAGOS Y ESTANQUES CON ESTE  
PRODUCTO O CON ENVASES O EMPAQUES VACÍOS.

### MANEJO DE ENVASES, EMPAQUES, DESECHOS Y REMANENTES:

En caso de derrames o desechos de plaguicidas recogerlos con aserrín o con material absorbente y para producto sólido recoger con una pala, recolectarlos en un recipiente hermético y entregarlo al distribuidor o eliminarlo en un relleno sanitario autorizado por el Ministerio de Salud.