



Estrategias de manejo integrado de enfermedades

Moléculas eficientes y conceptos de resistencia a fungicidas

H. Simon Navarrete Jeldres
Jefe de I+D de Fungicidas y Biofungicidas
ANASAC CHILE S.A.

Ing. Agrónomo, Master en Sanidad Vegetal, especialista en fitopatología
snavarrete@anasac.cl



Principales enfermedades en arándanos: pre y postcosecha



Hongos de madera

Neofusicoccum spp.,
Chondrostereum purpureum,
Pestalotia sp., *Phomopsis* sp., etc.

Pudrición gris

Botrytis spp.

Pudrición gris

Botrytis spp.

Bacteriosis

Pseudomonas syringae pv. *syringae*
Pseudomonas spp.

Pudriciones de postcosecha

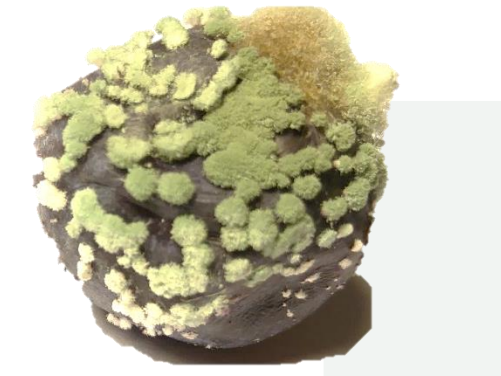
Botrytis spp., *Penicillium* spp.,
Cladosporium spp., *Alternaria*
spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp.

Otros patógenos reportados: *Agrobacterium* spp., *Verticillium* spp., *Macrophomina* spp., *Stemphyllium* spp., *Colletotrichum* spp., *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., entre otros

Principales enfermedades en arándanos: pre y postcosecha



Pudriciones de postcosecha
Botrytis spp., *Penicillium* spp.,
Cladosporium spp., *Alternaria* spp.



Aspectos generales de *Botrytis* spp.



- Ascomycete conidial, Sclerotiniaceae.
- Hongo fitopatógeno, necrotrófico y saprófito facultativo.
- Afecta a más de 200 (500) especies vegetales.
- Potente batería enzimática
- **Alta variabilidad genética**
- **Alta capacidad de generar resistencia a los fungicidas de síntesis química.**
- .

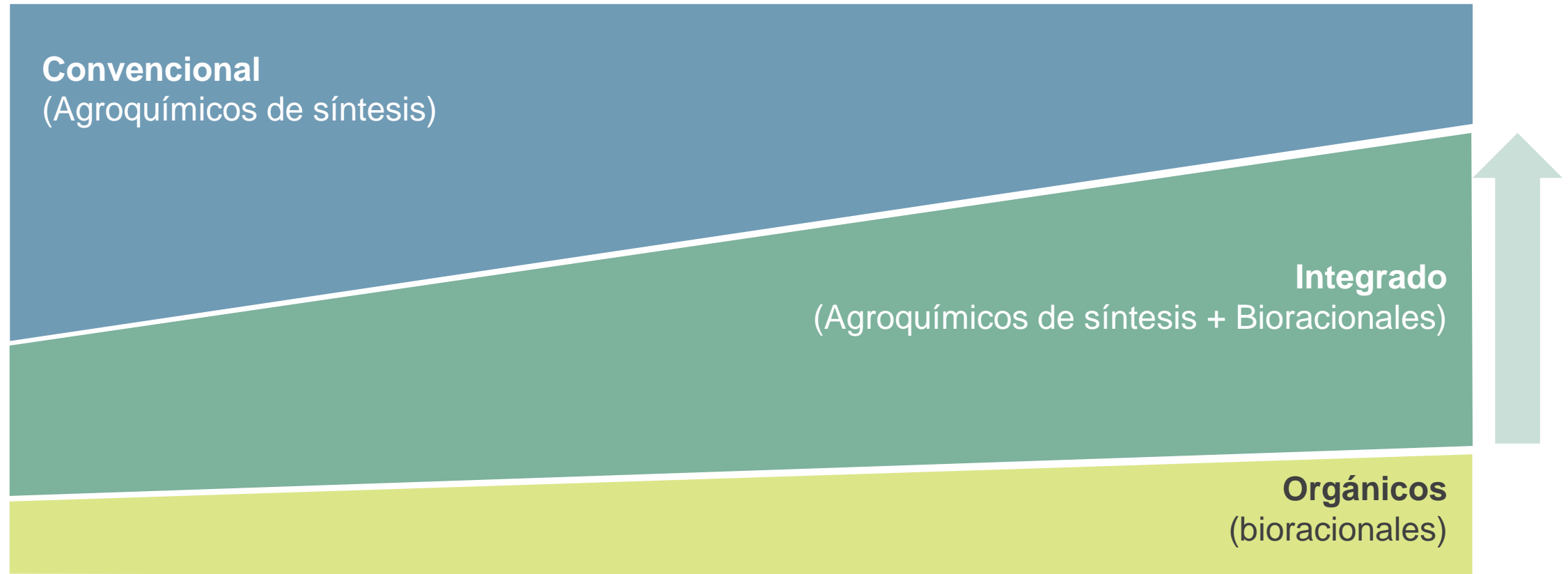


Control de enfermedades: pérdidas de sensibilidad y disminución de alternativas

Control de enfermedades: pérdidas de sensibilidad y disminución de alternativas

1. **Santiago, 12 de octubre de 2022.-** El ministro de Agricultura, **Esteban Valenzuela**, junto a la directora nacional (s) del Servicio Agrícola y Ganadero **-SAG-**, **Andrea Collao**, anunciaron:
2. La prohibición de uso y comercialización, por su alto grado de toxicidad, de todos los plaguicidas que contengan:
 - **Clorpirifós-etilo,**
 - **Clorpirifós-metilo,**
 - **Dicloruro de Paraquat**
 - **Metomilo**
3. A esto se sumó la presentación de un nuevo **Plan de Trabajo para la Regulación y Fiscalización de Plaguicidas en Chile 2022-2025.**
4. **SAG** tiene en vista 103 moléculas activas de plaguicidas en evaluación (4 ya prohibidas).
5. El valor del mercado potencial es de 179 millones de dólares, equivalente aproximadamente al 30% del total
6. No hay un reemplazo directo en algunos de ellos, mientras que en otros los potenciales reemplazantes poseen menor eficacia o costos superiores.

Proyecciones mundiales de los sistemas de producción agrícola



Manejos integrados con uso racional de los fitosanitarios disminuyen el impacto de éstos en los sistemas productivos



Los fungicidas de síntesis son una parte del manejo de enfermedades

1°

Control Cultural

Ventilación del cultivo, aireación del suelo, remoción de restos vegetales, limpieza de maquinaria, solarización, desinfección de agua de riego, mejorar actividad microbiana suelo, variedades con menos restos florales, etc.

2°

Nutrición y activación defensas (elicitors)

Balance nutricional e hídrico: rol del Ca_2 , Si_2 , N_2 , elicitors (quitosano, microorganismos benéficos, JA, SA, otros), disminución del estrés (extractos de algas, betaínas, cofactores enzimáticos, etc)

3°

Bioracionales

Biológicos (*Trichoderma spp.*, *Bacillus spp.*, *Aureobasidium pullulans*, etc.), **Extractos vegetales** (*Malaleuca alternifolia*, *Quillaja saponaria*, *Swinglea glutinosa*, BLAD), **Sales inorgánicas** (sales de cobres, hidrógeno carbonato de K), etc.

4°

Fungicidas específicos

Triazoles (difenoconazol, fenbuconazol, etc.), Carboxamidas (boscalida, isofetamida, fluopiram, pidiflumetofeno, pentiopirad, etc.), estrobilurinas (azoxistrobina, piraclostrobina, etc), fenhexamida, fludioxonilo, pirimetanilo, ciprodinilo, fluazinam, etc.



Productos botriticidas registrados frente al SAG (junio 2024) en arándanos

Fungicidas de síntesis química (68/25)

- azoxistrobina, azoxistrobina + difenoconazol, benomilo, boscalida, captan, ciprodinilo + fludioxonilo, clorotalonilo, difenoconazol, fenbuconazol, fenhexamida, fenhexamida + fludioxonilo, fenpiramina, fluazinam, fluopiram + pirimetanilo, fluxapiroxad + piraclostrobina, folpet, iprodione, isofetamida, mefentrifluconazol, mepanipirima, pentiopirad, pidiflumetofeno + fludioxonilo, pirimetanilo, piraclostrobina, tebuconazol.

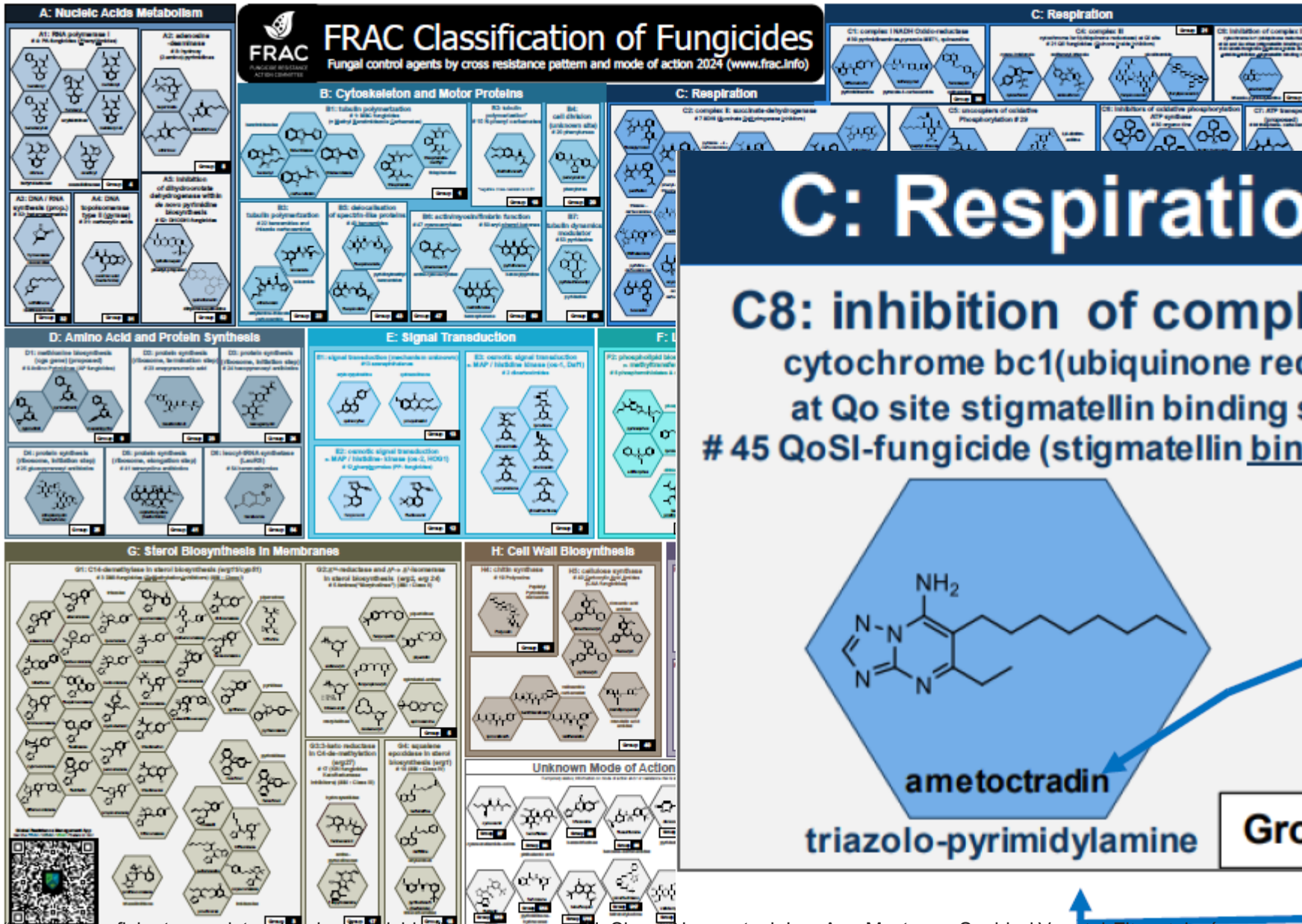
Bioracionales	Fungicidas biológicos	Trichoderma (8)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>T. atroviride</i> cepas: MUCL 45632 (Tifi), TC+ T10 (Trichofruit), • <i>T. gamsii</i> + <i>Bionecria ochroleucecepa</i> + <i>Hypocrea virens</i> (Mamull) • <i>T. harzianum</i> + <i>T. virens</i>+ <i>T. paracemosum</i> (Trichonativa), • <i>T. harzianum</i> T22 (Harztop); <i>T. harzianum</i> T22 + <i>T. viride</i> T26 + <i>T. longibrachiatum</i> T397 (Triwork) • <i>T. harzianum</i> (T. suspensión) • <i>T. harzianum</i> + <i>T. polysporum</i> (Binab-T)
		Bacillus (8)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>B. amyloliquefaciens</i> cepas: MBI 600 (Serifel), F727 (Stargus); D747 (Amylo-x) • <i>B. subtilis</i> cepas: QST713 (Serenade), C110 (Bacifruit); IAB/BS/03 (Ospo-Bot), Y1336 (Babilu) • <i>B. licheniformis</i> + <i>Hypocrea virens</i> (Puelche WP)
		Levaduras (1)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aureobasidium pullulans</i> cepas DSM14940 +DSM14941 (Botector)
	Extractos vegetales (10)	<ul style="list-style-type: none"> • péptido BLAD (proBLAD), <i>Malaleuca alternifolia</i> (Timorex Gold), <i>Swinglea glutinosa</i> (Ecoswing), <i>Reunoutria sachalinensis</i> (Regalia Maxx), <i>Quillaja saponaria</i> (Botristop), <i>Extracto de cítricos</i> (Citrus SL, Lonlife, Bestcure, BC1000), <i>Capsaicina</i> + <i>Isotiocianato de alilo</i> (Acute) 	
	Minerales y oxidantes (11)	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrógeno carbonato de potasio (Kaligreen top), sulfato de cobre pentahidratado (Agrocopper + 8 productos), hipoclorito de sodio + clorito de sodio (Tecsa pro) 	
	Elicitores (2)	<ul style="list-style-type: none"> • Laminarina (Vacciplant), Cerevisane (Romeo) 	

Productos botriticidas registrados frente al SAG (junio 2024) en arándanos

Fungicidas de síntesis química (68/25)

- azoxistrobina
- azoxistrobina + difenoconazol
- benomilo
- boscalida
- captan
- ciprodinilo + fludioxonilo
- clorotalonilo
- difenoconazol
- fenbuconazol
- fenhexamida
- fenhexamida + fludioxonilo
- fenpiramina
- fluazinam
- fluopiram + pirimetanilo
- fluxapiroxad + piraclostrobina
- folpet
- iprodione
- isofetamida
- mefentrifluconazol
- mepanipirima
- pentiopirad
- pidiflumetofeno + fludioxonilo
- pirimetanilo
- piraclostrobina
- tebuconazol

Clasificación de fungicidas según su modo de acción



Mode of Action Group

Target Site and Code

FRAC Group Name

Compound (ISO Common Name)

FRAC Group (#)

Chemical or biological group

Clasificación de los fungicidas: Modo y mecanismo de acción según la FRAC (Comité de Acción de Resistencia a Fungicidas)



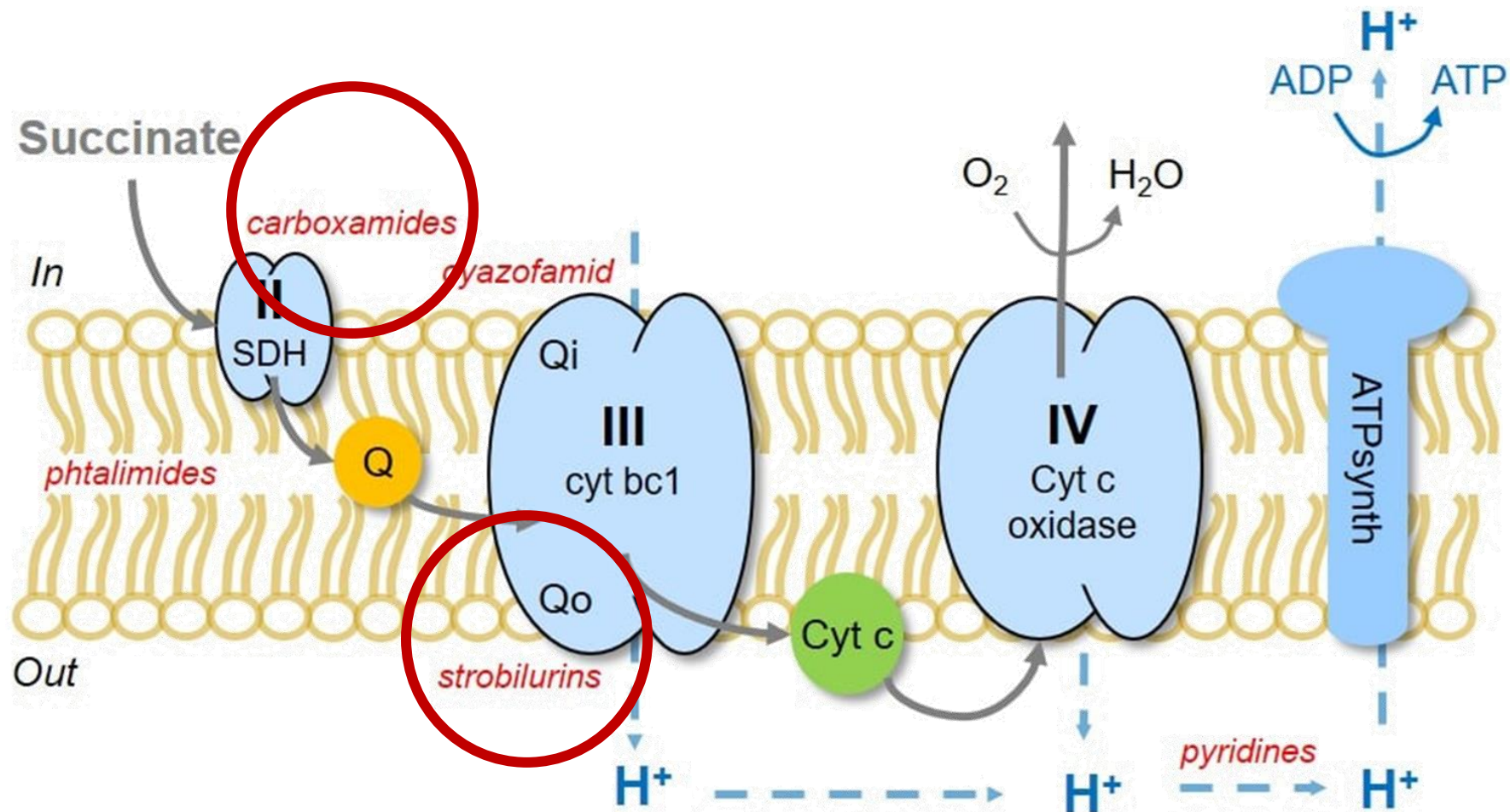
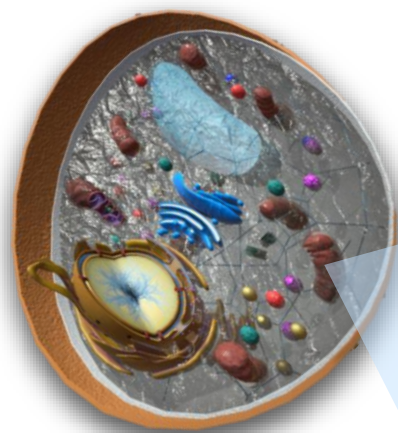
-
- Respiración (C)
 - Biosíntesis de esterol en membranas (G)
 - Actividad multisitio (M)
 - Síntesis o transporte de lípidos- Función o integridad de membrana (F)
 - Citoesqueleto y proteínas motoras (B)
 - Metabolismo de los ácidos nucleicos (A)
 - Modo de acción desconocida (U)
 - Biológicos con múltiple modos de acción (BM)
 - Inducción de las defensas de las plantas (P)
 - Transducción de señales (E)
 - Biosíntesis de la pared celular (H)
 - Biosíntesis de proteínas y aminoácidos (D)
 - Síntesis de melanina en pared celular (I)
 - No clasificados (NC)
-

Ingredientes activos registrados en arándanos para el control de *Botrytis* spp.



Ingrediente activo	Grupo Químico	Código FRAC MoA	Modo de acción
boscalida	SDHI (carboxamidas)	C2	Respiración
fluopiram			
isofetamida			
fluxapiroxad			
pidiflumetofeno			
pentiopirad			
azoxistrobina	QoI (estrobilurinas)	C3	Respiración
piraclostrobina			
fluazinam	Dinitroanilidas	C5	Síntesis de proteínas y aminoácidos
ciprodinilo	Anilinopirimidina	D1	
mepanipirima			
pirimetanilo	Fenilpirrol	E2	Transducción de señales
fludioxonilo			
iprodione	Dicarboxamida	E3	Transducción de señales
difenoconazol	DMI	G1	Biosíntesis de esterol
fenbuconazol			
tebuconazol			
mefentrifluconazol			
fenhexamida	Hidroxianilidas	G3	Biosíntesis de esterol
fenpirezamina	Amino pirazolinona		
captan	ptalamidas	M	Multisitio
clorotalonilo	ptalonitrilos		

Modo y mecanismo de acción: Carboxamidas y estrobilurinas

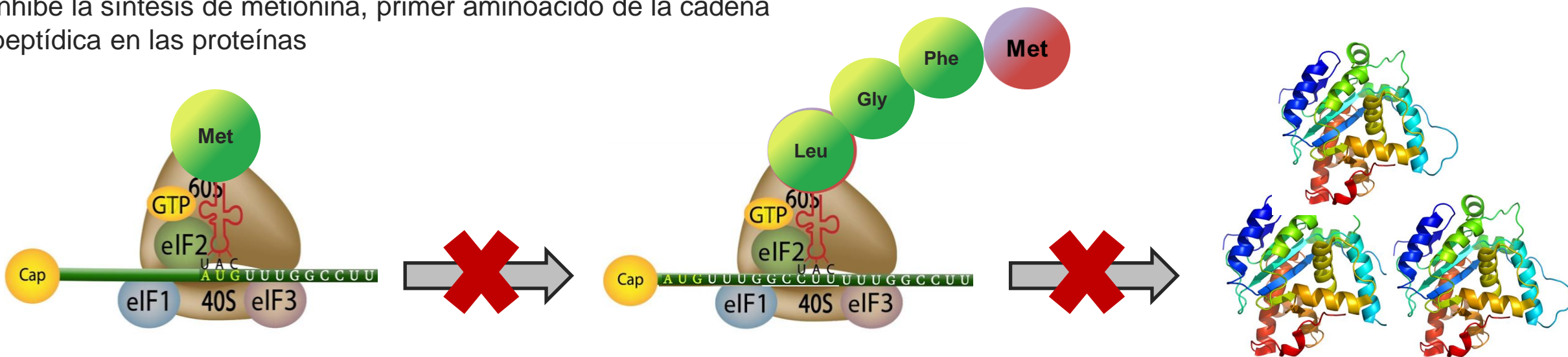


Teicher, H. (2018)

Modo de acción: anilopirimidinas (pirimetanilo, mepanipirima, ciprodinilo)

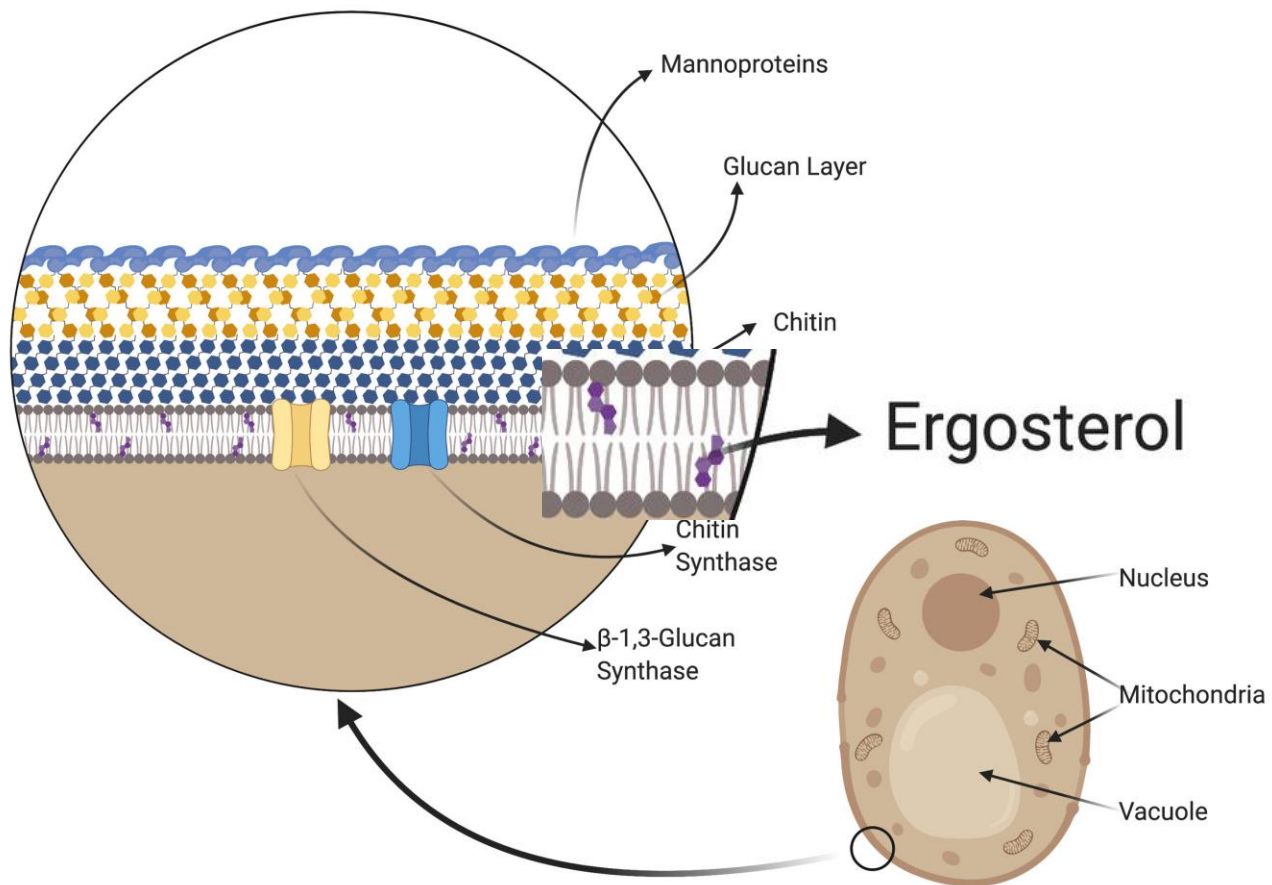
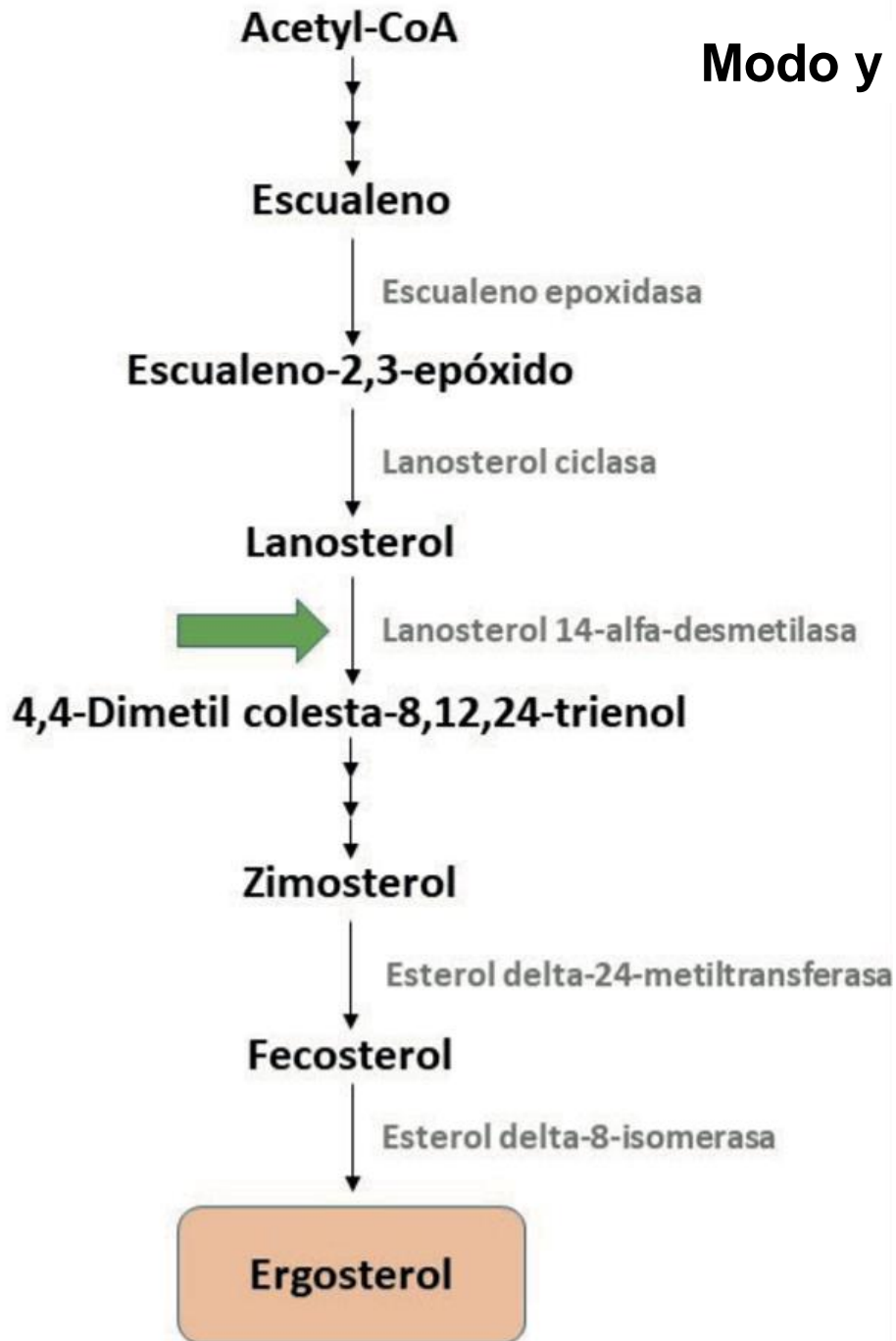
Fungicidas de acción de contacto y traslaminar perteneciente al grupo de las anilopirimidinas (código de modo de acción D1, código FRAC 9).

inhibe la síntesis de metionina, primer aminoácido de la cadena peptídica en las proteínas

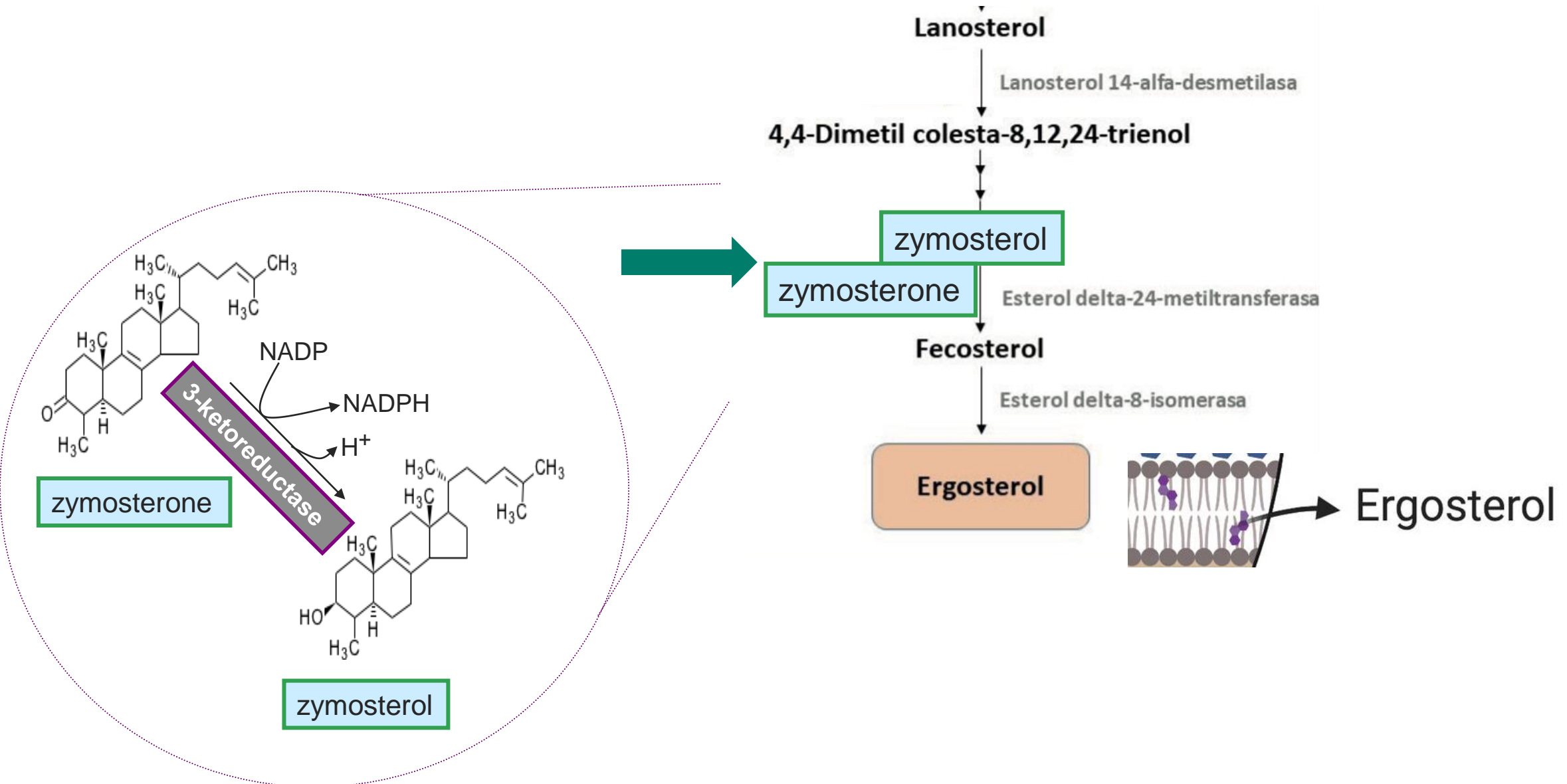


Impide la secreción de las proteínas del patógeno necesarias para las etapas iniciales de la infección, por reducción de los niveles de algunas enzimas hidrolíticas. Tiene acción de contacto y traslaminar con efecto preventivo y curativo.

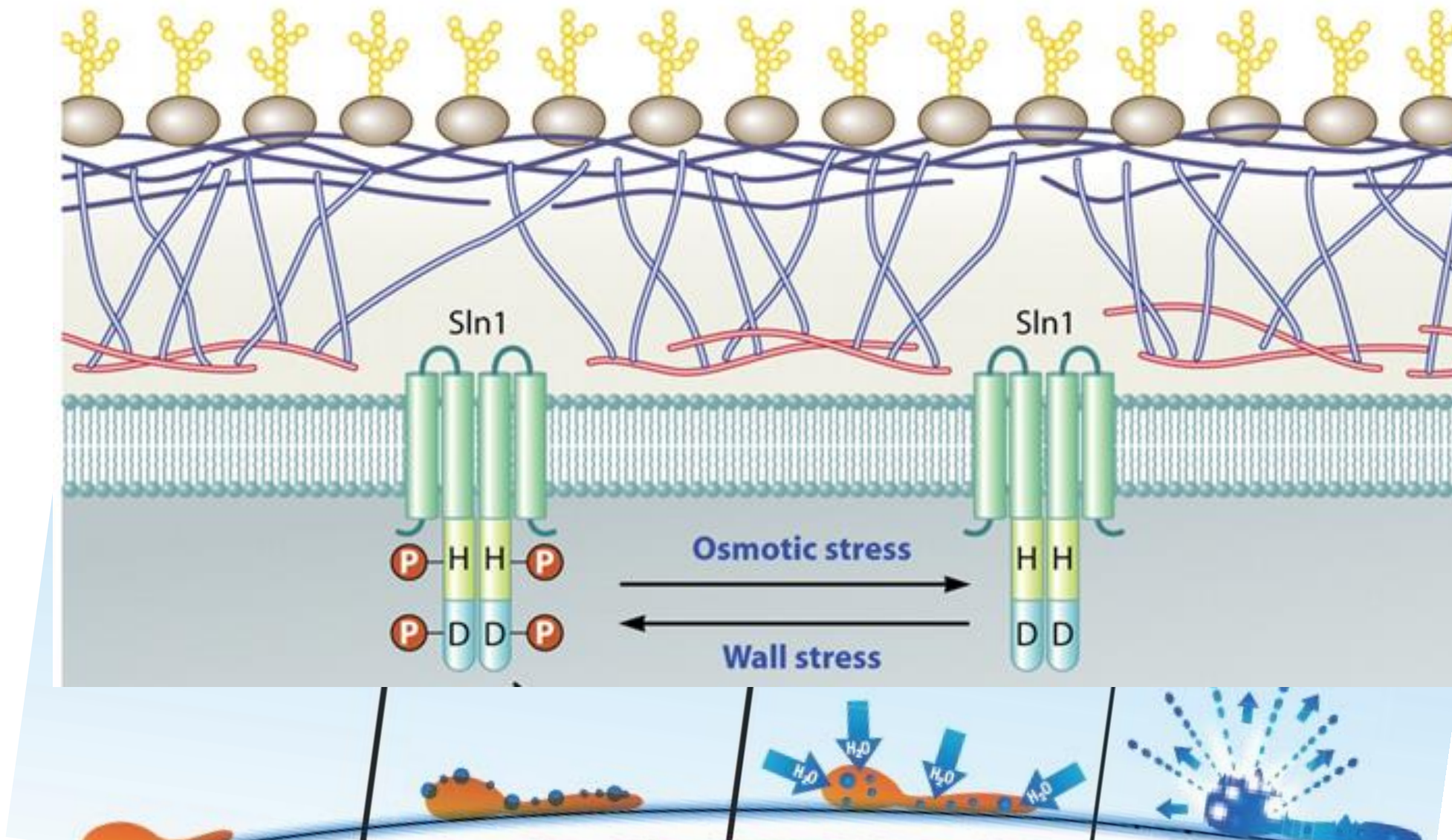
Modo y mecanismo de acción: Triazoles e hidroxianilidas



Modo y mecanismo de acción: Triazoles e hidroxianilidas

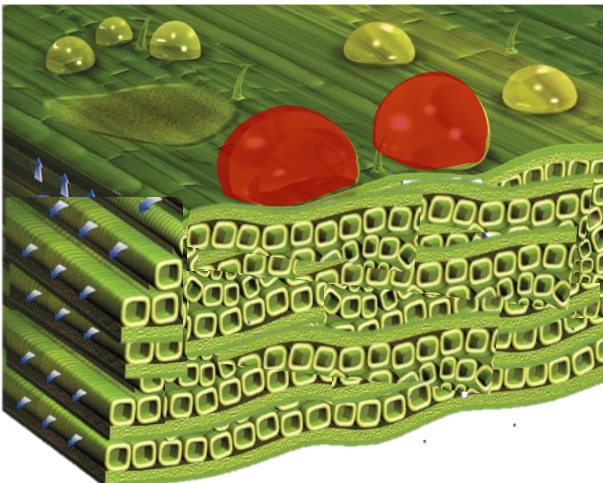
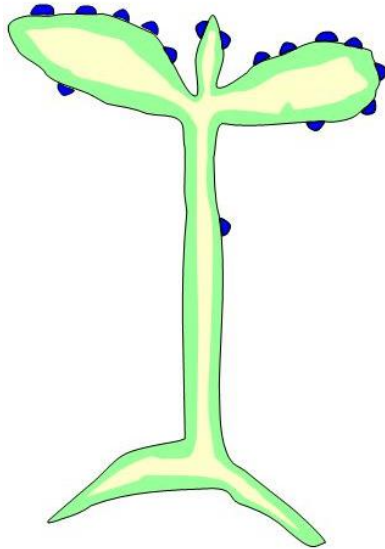


Modo y mecanismo de acción: fludioxonilo

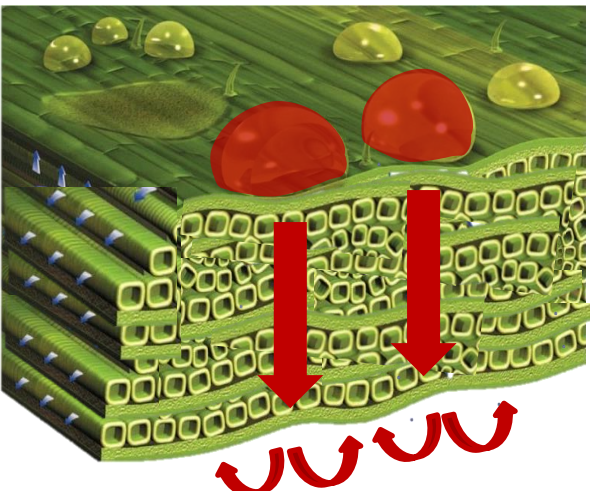
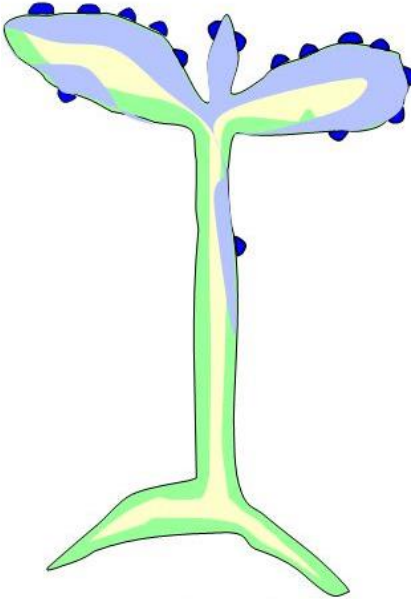


Movilidad en la planta y efecto sobre el patógeno

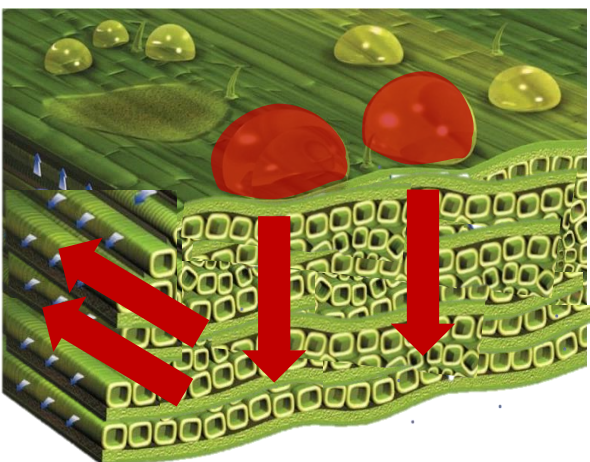
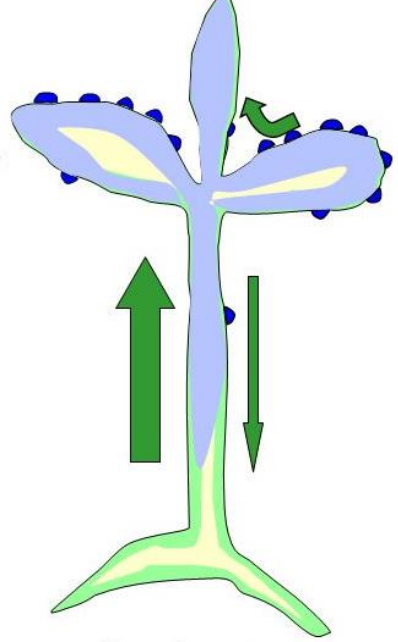
Protectante- contacto



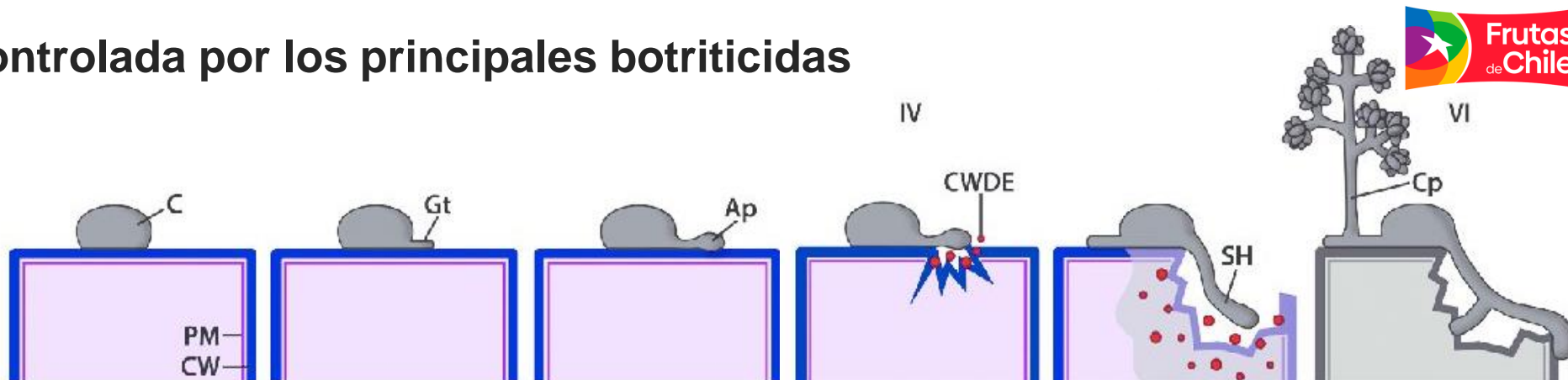
“Curativo”- translaminar



“Curativo”- sistémico

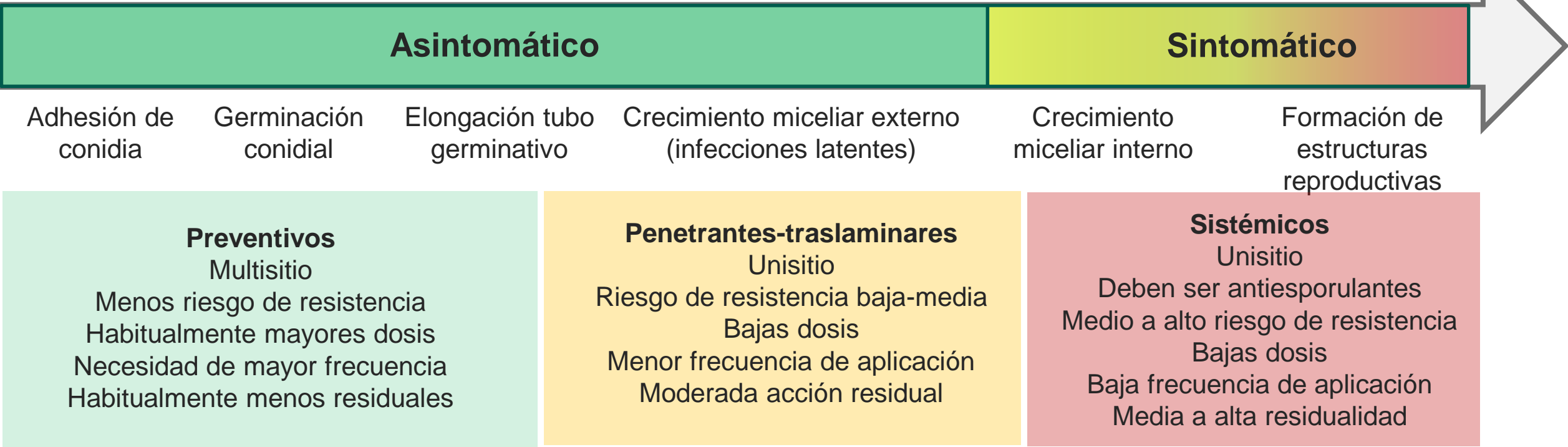


Etapa de desarrollo controlada por los principales botriticidas



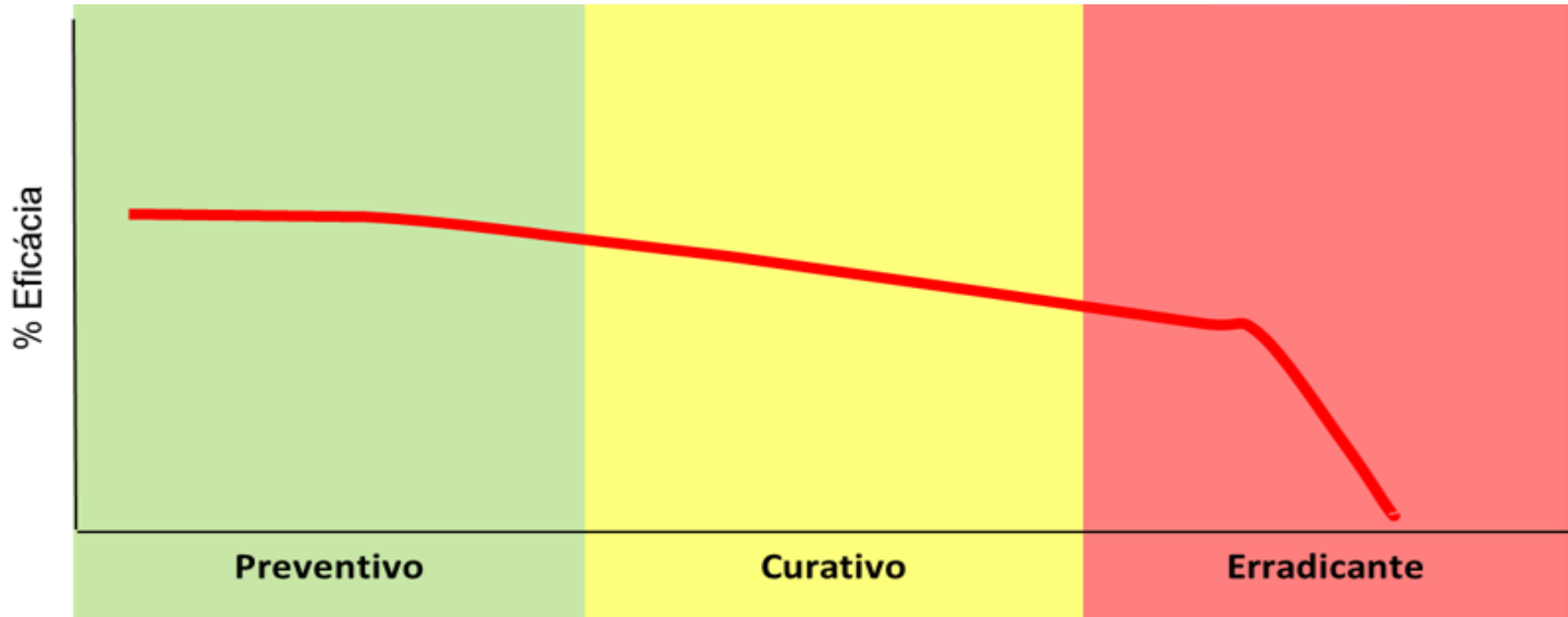
Ingrediente activo	Movilidad	Conidia	Germinación conidial	Elongación del tubo germinativo	Apresorio y penetración	Desarrollo micelar	Esporulación
pirimetanilo	sistémico	-	-	+++	+++	+++	+++
fludioxonilo	contacto	+++	+++	+++	++	+++	+++
fenhexamida	contacto	-	-	+++	++	+++	+++
boscalida	sistémico	-	+++	+++	+++	+++	+++
iprodiona	contacto	-	++	+++	++	+++	+++
azoxistrobina	sistémico	-	++	+++	+++	+++	+++
tebuconazol	sistémico	-	-	+++	+++	+++	+++
fluazinam	contacto	-	+	+++	++	+++	+++

Clasificación de los fungicidas: Según momento infección del patógeno



Adaptados de: Gold, Kaitlin M., et al. (2020) y Teicher, H. (2018)

Ingredientes activos registrados en arándanos para el control de *Botrytis* spp.

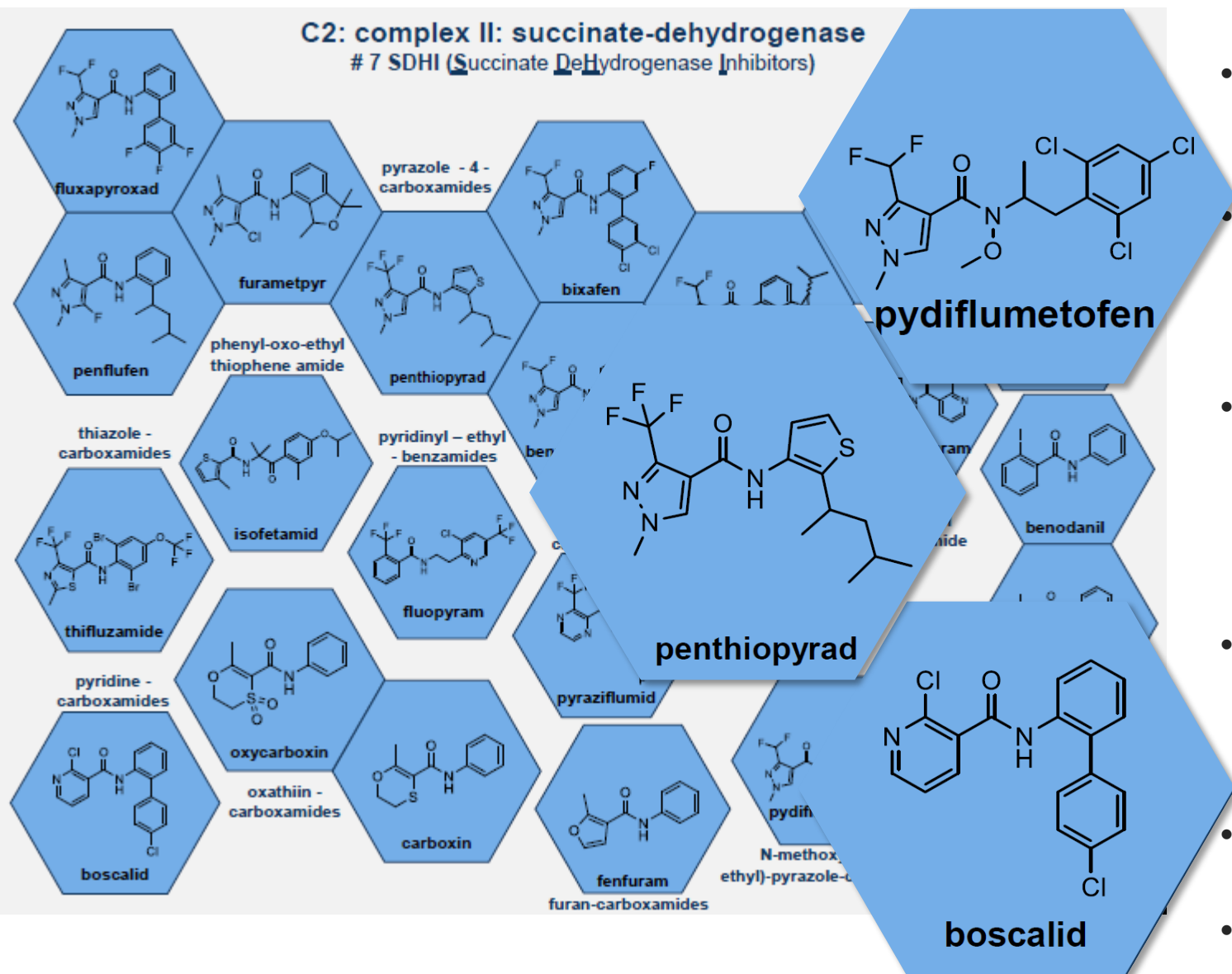


Eficacia relativa de diferentes fungicidas para el control de *Botrytis* y otros hongos susceptibles



<p>Sulfato de cobre pentahidratado Sulfato de cobre tribasico</p>	<p><i>Bacillus</i> sp. <i>Trichoderma</i> sp. Extractos vegetales Sales minerales</p>	<p>Tiram Propineb Mancozeb Folpet Captan Clorotalonilo difenoconazol</p>	<p>Tebuconazol</p>	<p>Piraclostrobina Azoxistrobina Kresoxim metilo Tebuconazol</p> <p>Pidiflumetofeno Fenhexamida Fludioxonilo mefentrifluconazol</p> <p>Boscalida Fluxapiroxad Fluopiram Isofetamida Iprodiona Primetanilo Mepanipirima Ciprodinilo Fluazinam</p>
---	---	--	---------------------------	---

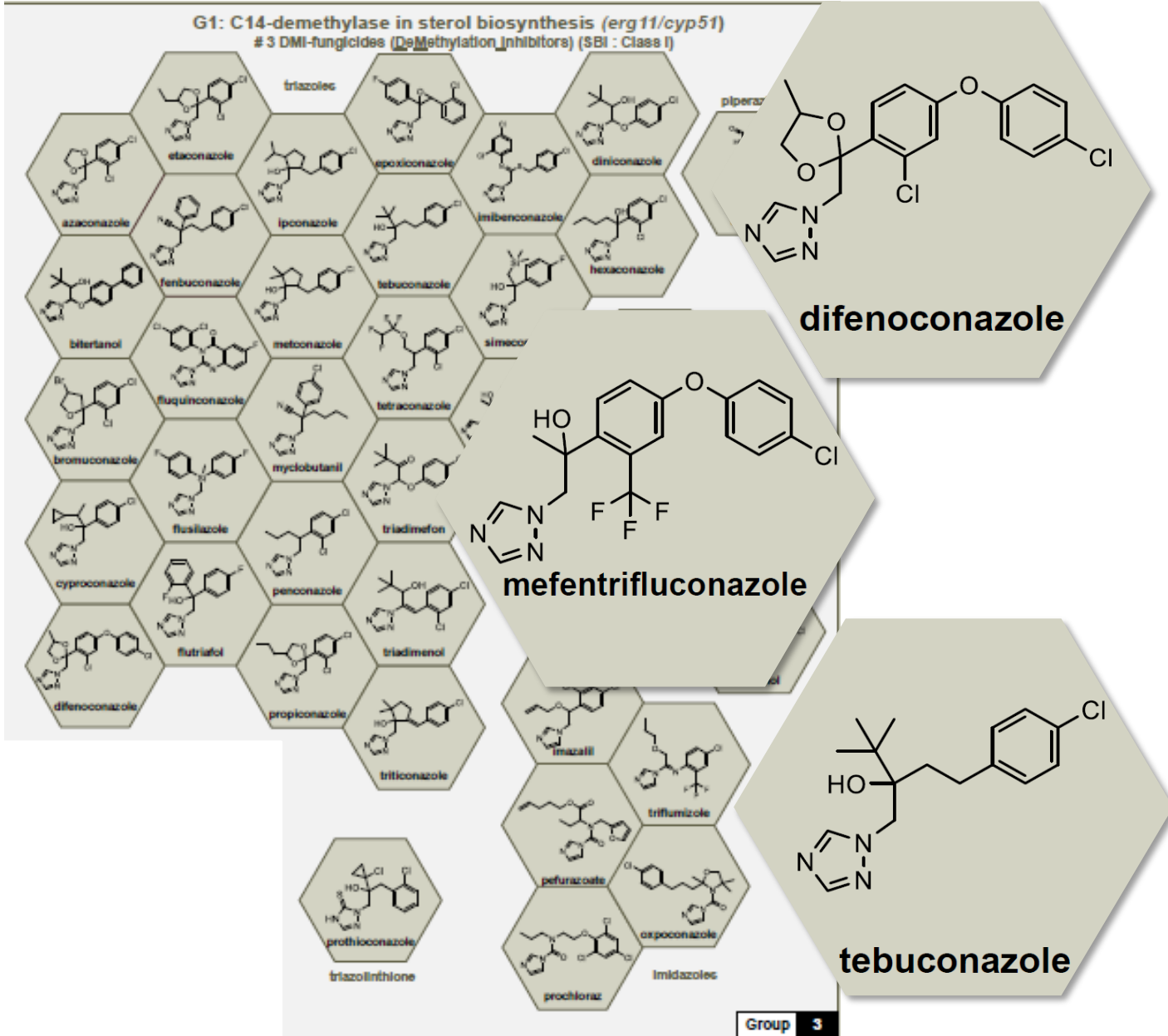
Características principales de las carboxamidas



- Grupo muy importante de fungicidas.
- Gran parte de las nuevas moléculas que han salido al mercado pertenecen a este grupo
- Controlan un gran grupo de hongos fitopatógenos, principalmente Ascomycetes y Basidiomycetes
- Tienen un riesgo de resistencia medio-alto debido a su alta especificidad y acción en puntos específicos dentro de la cadena transportadora de electrones (respiración)
- Tienen resistencia cruzada entre ellos, aunque hay algunos que no correlacionan bien
- Alta residualidad de control
- Alta persistencia

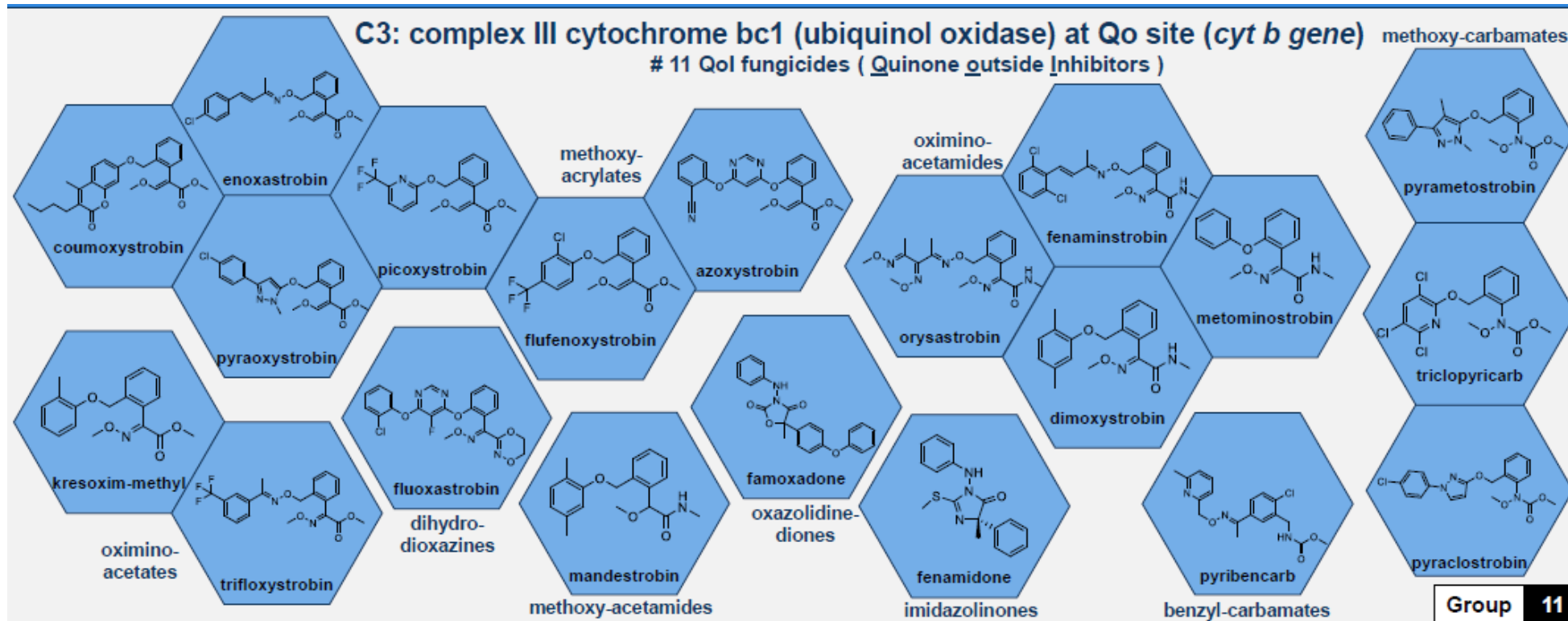
Características principales de los triazoles

G1: C14-demethylase in sterol biosynthesis (*erg11/cyp51*)
3 DMI-fungicides (DeMethylation Inhibitors) (SBI : Class I)



- Grupo muy importante de fungicidas.
- Bajas tolerancias de LMR en algunos mercados.
- Hay variados cuestionamientos internacionales respecto a su efecto en salud humana (disruptores endocrinos).
- Controlan un gran grupo de hongos fitopatógenos, principalmente Ascomycetes y Basidiomycetes.
- Tienen un riesgo de resistencia medio debido a su alta especificidad en la ruta del ergosterol (componente único en la membrana de los hongos superiores).
- No afecta la germinación conidial (reservas de conidias)

Características principales de las estrobilurinas



- Grupo muy importante de fungicidas
- Muchos de ellos en mezcla por el alto riesgo de resistencia.
- Varios de ellos con alta sistemicidad
- Algunos de ellos tienen efectos bactericidas, elicitors y con efectos fisiológicos en plantas.
- Controlan un gran grupo de hongos fitopatógenos, principalmente Ascomycetes, basidiomycetes e incluso oomycetes
- Tienen un riesgo de resistencia medio debido a su alta especificidad en la ruta del ergosterol (componente único en la membrana de los hongos superiores)

Características principales de las hidroxianilidas

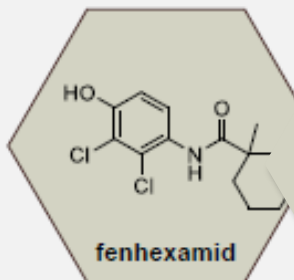
G3:3-keto reductase
in C4-de-methylation
(*erg27*)

17 (KRI fungicides

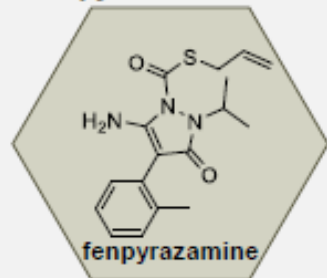
KetoReductase

Inhibitors) (SBI : Class III)

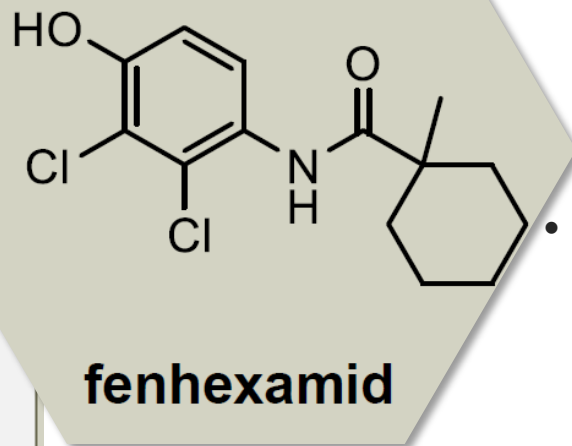
hydroxyanilides



amino-
pyrazolinones



Group 17



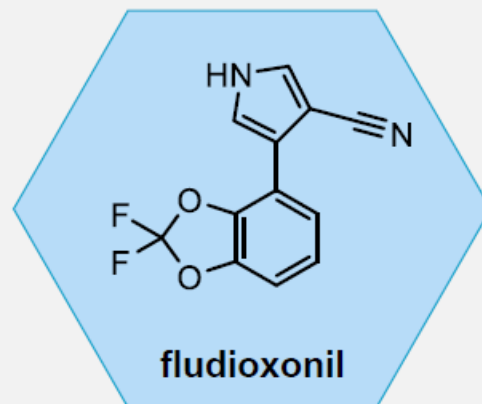
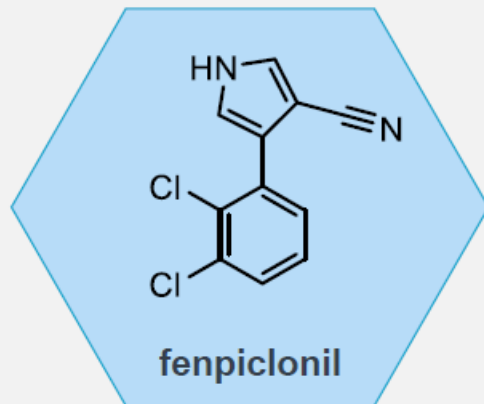
- Fenhexamid es un fungicida que se clasifica dentro del grupo que afecta el proceso de biosíntesis del ergosterol, dentro del subgrupo de las 3-Ketoreductasas en la demetilación del Carbono 4, en la familia química de las hydroxyanilides.
- Este compuesto presenta excelente actividad contra *Botrytis cinerea*, *Monilinia* en carozos y reduce considerablemente infecciones de *Sclerotinia sclerotiorum* en hortalizas.
- Fenhexamid es un fuerte inhibidor del crecimiento del tubo germinativo, previniendo la penetración del hongo al tejido de la planta.
- Posee una actividad duradera.
- Seguro para abejas y otros insectos benéficos.
- No tiene efecto fitotóxico.
- Alta afinidad por las ceras de la planta.

Características principales de los fenilpirroles

E2: osmotic signal transduction

▷ MAP / histidine-kinase (os-2, HOG1)

12 phenylpyrroles (PP- fungicides)

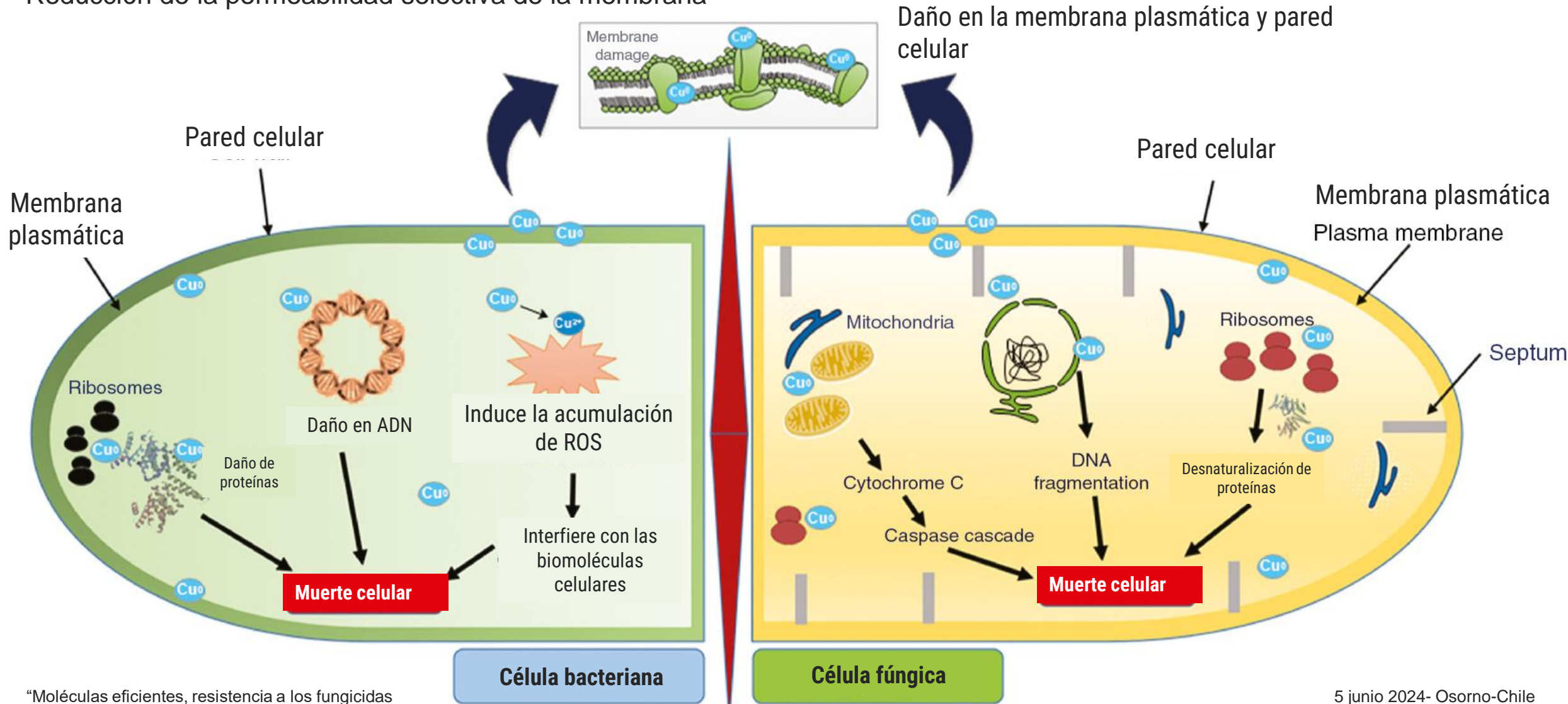


Group 12

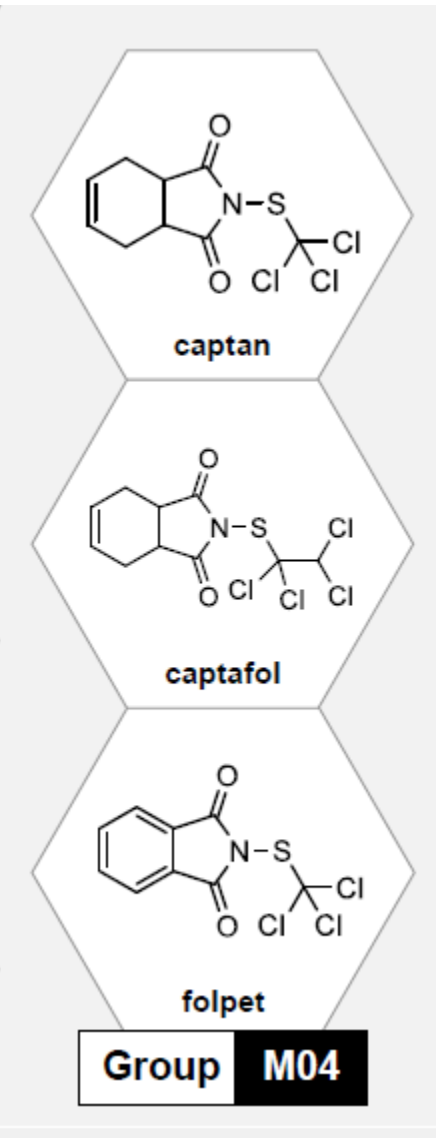
- Fludioxonil, modo de acción en la transducción de señales cuyo mecanismo es en la histidina-kinasa. Fenilpirrol, del grupo 12.
- Fungicida de contacto, de amplio espectro, con un modo de acción diferente, utilizado para el tratamiento de frutas de carozo, pomáceas, cítricos, granados y arándanos en post-cosecha
- Inhibe la germinación conidial y el resto de las etapas del hongo.

Modo de acción: Fungicidas multisitios (Ej. Cobre)

- Bloqueo del proceso respiratorio
- Inhibición de la síntesis de proteínas.
- Reducción de la permeabilidad selectiva de la membrana



Modo de acción: Fungicidas multisitios

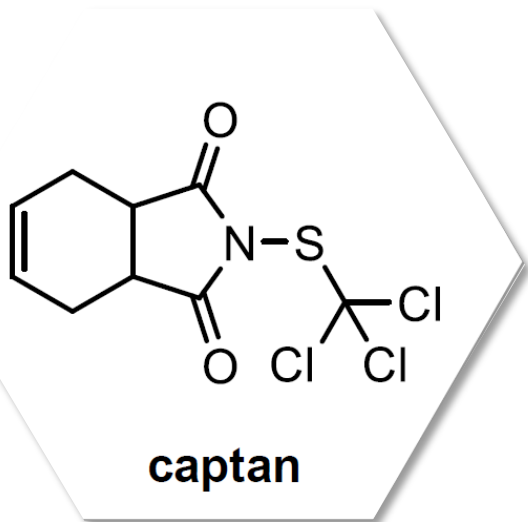


captan


captafol

folpet

Group M04



- Fungicida amplio espectro multisitio
- De contacto
- Económico
- Ampliamente empleado en cerezos y arándanos
- Altamente susceptible a la hidrólisis alcalina (VERIFICAR SIEMPRE pH)

PENNSTATE. 				
Vida media				
Ingrediente activo	pH 5	pH 7	pH > 8	pH > 9
Captan	32 h	8 h	10 min	2 min



Control de enfermedades: pérdidas de sensibilidad de *Botrytis* a moléculas fungicidas

Riesgo de resistencia de las principales moléculas botriticidas



Bajo riesgo

Alto riesgo

fenhexamida
fenpirezamina
fludioxonilo

boscalida
fluopiram
isofetamida
fluxapiroxad
pidiflumetofeno
pentiopirad
iprodiona

Captan
Clorotalonilo

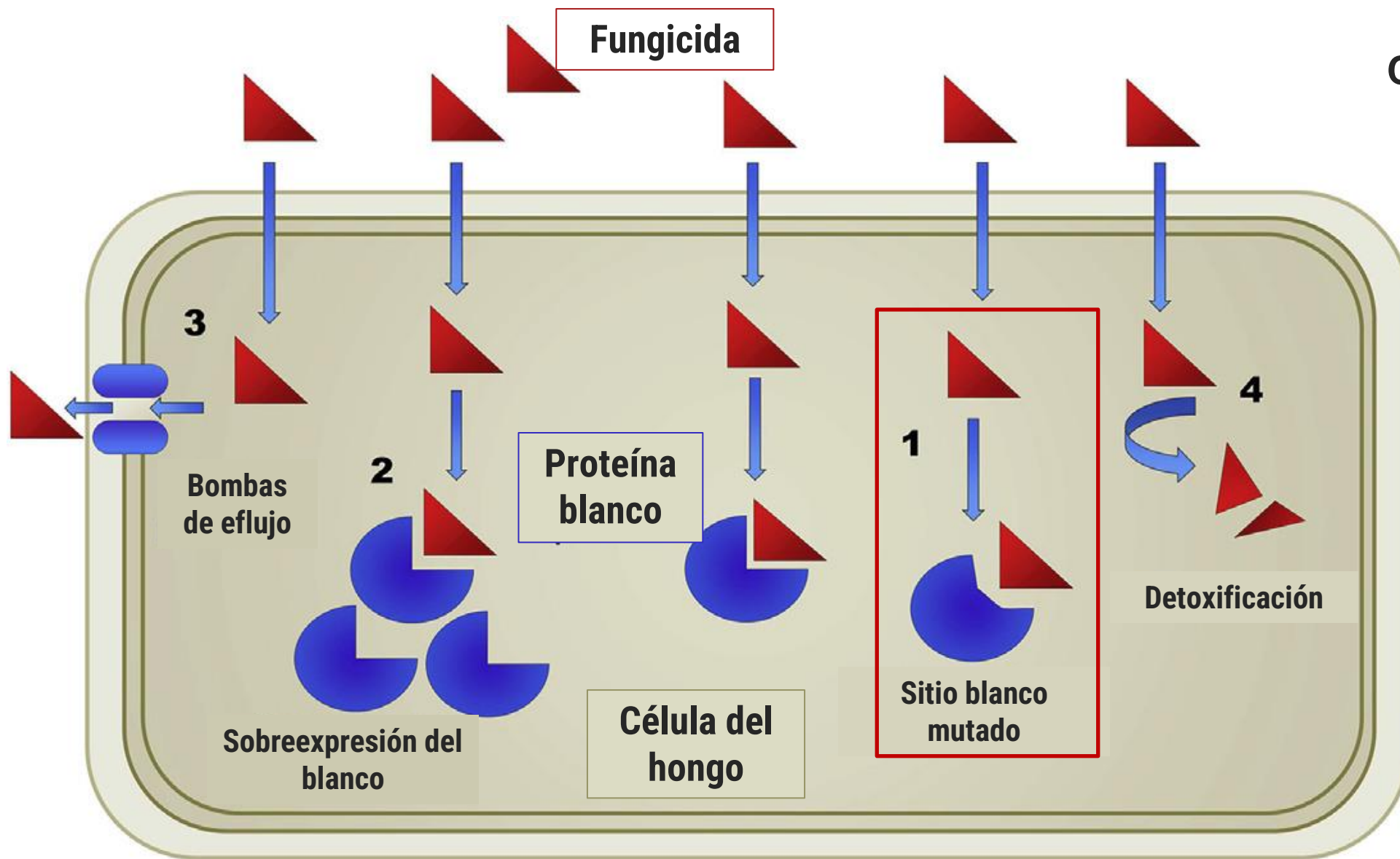
**Bioracionales (biológicos,
minerales, elicitores)**

ciprodinilo
mepanipirima
pirimetanilo

azoxistrobina
piraclostrobina

difenoconazol
fenbuconazol
tebuconazol
mefentrifluconazol

Mecanismos de pérdida de sensibilidad a fungicidas

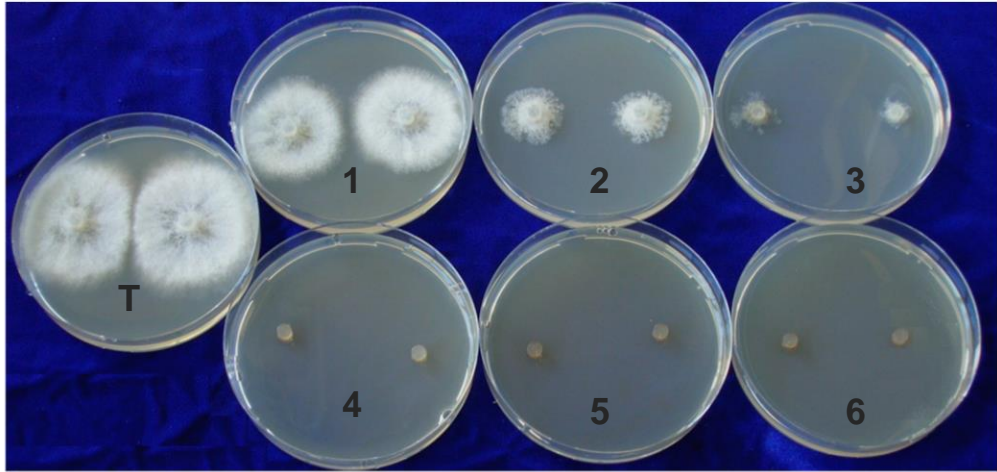


Cambios genéticos heredables

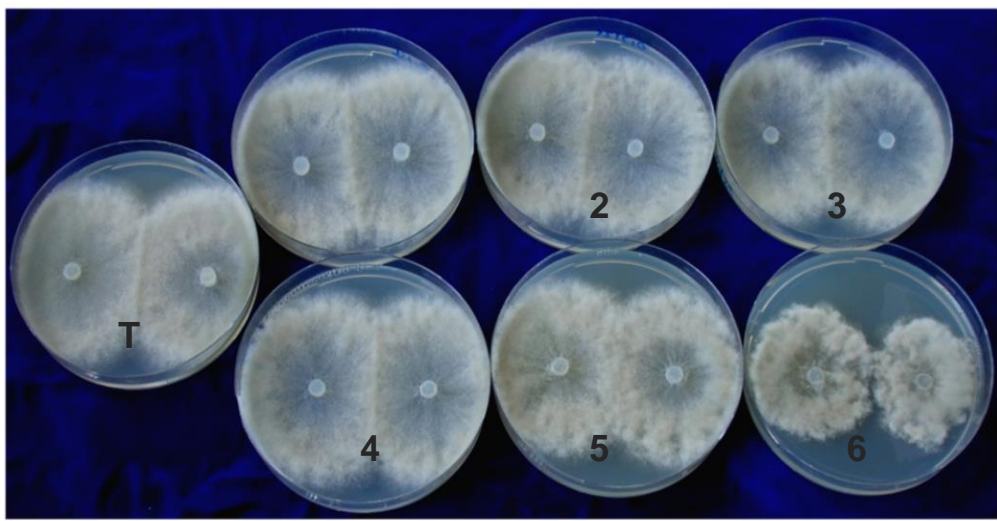
Lucas, John A., Nichola J. Hawkins, and Bart A. Fraaije., 2015.

Muchos reportes de pérdida de sensibilidad de aislados de *Botrytis* en Chile

SENSIBLE



RESISTENTE



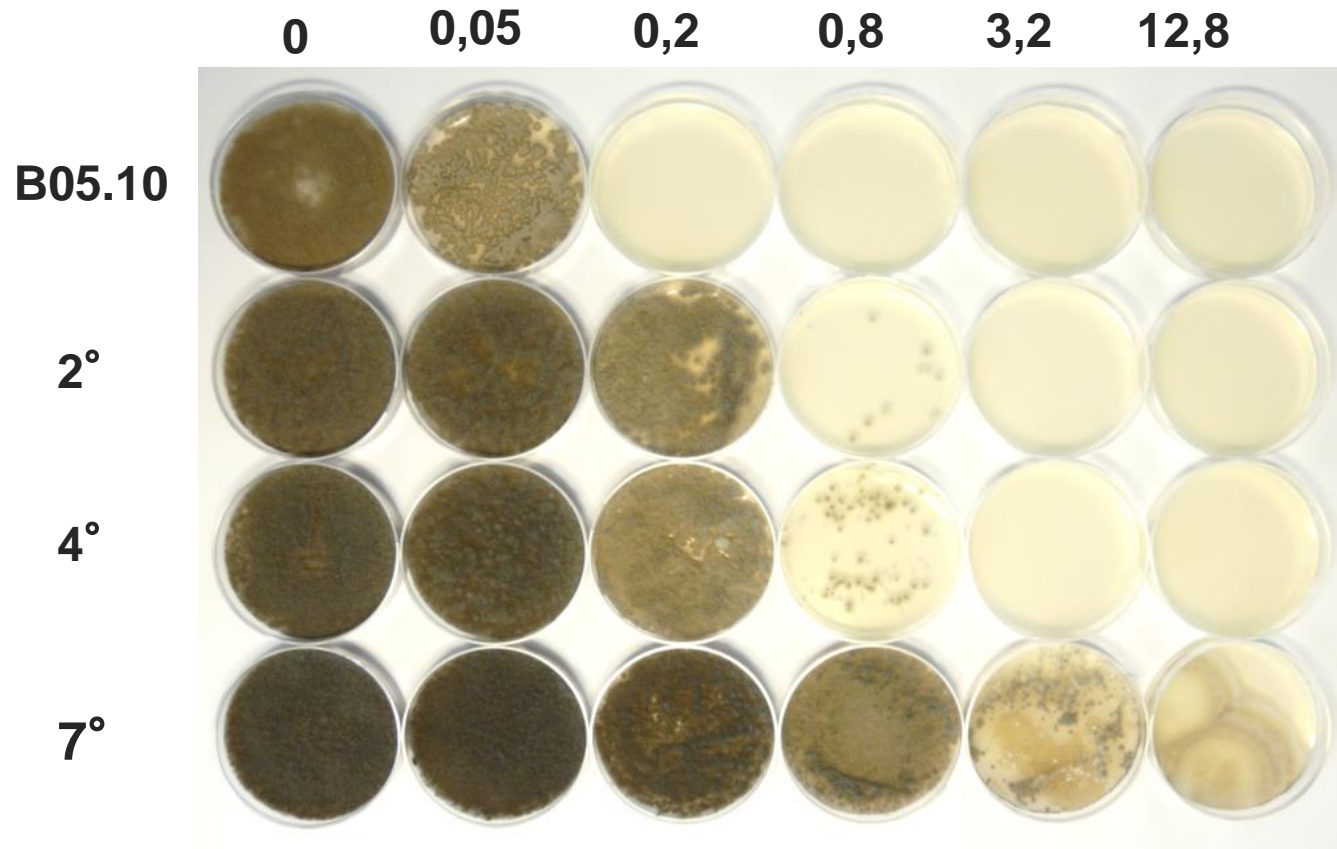
- iprodiona (Carreño y Alvarez, 1990)
- Anilinopirimidinas (Latorre *et al.*, 2003)
- fenhexamida (Esterio *et al.*, 2007)
- MDRs (Esterio *et al.*, 2011)
- Estrobilurinas (Copier *et al.*, 2012)
- tebuconazol (Esterio *et al.*, 2013)
- fludioxonilo* (Esterio *et al.*, 2017)

Esterio, 2020

¿Significa pérdida de eficacia en campo con las alternativas que existen?

***24 aislados sobre más de 2000 analizados (>1 ppm fludioxonilo)**

Muchos reportes de pérdida de sensibilidad de aislados de *Botrytis* en Chile



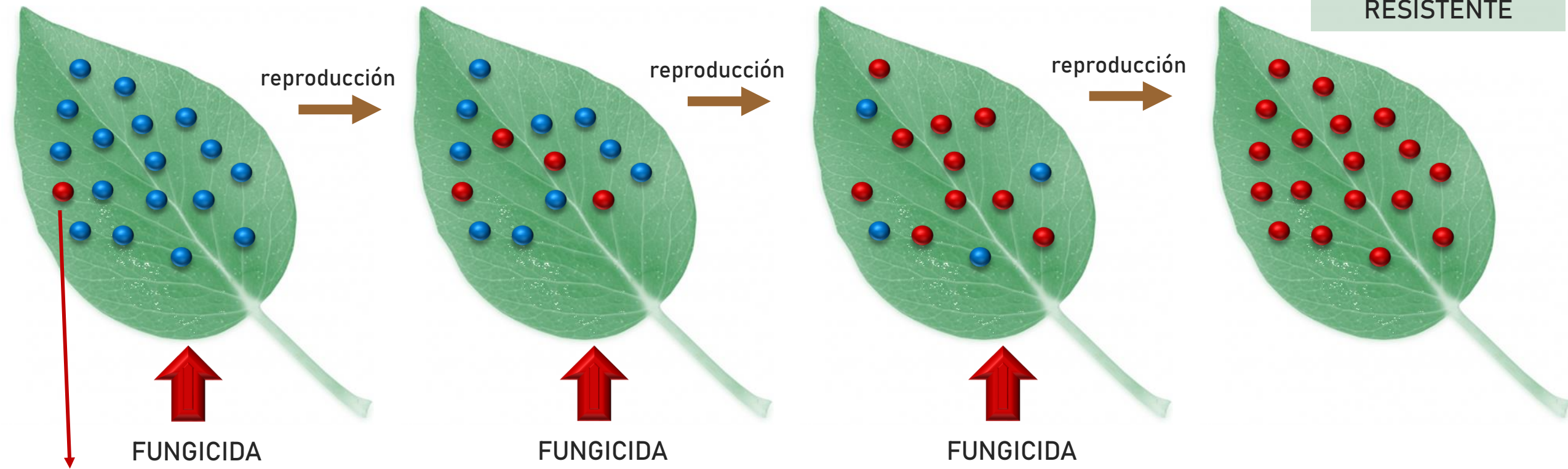
Pérdida de sensibilidad puede generar pérdidas de eficacia en campo, pero:

Importante Frecuencia de aislados resistentes, Tipo de patógeno y fungicida > no es directo

Mecanismos de pérdida de sensibilidad a fungicidas: simple

POBLACIÓN INICIAL SENSIBLE

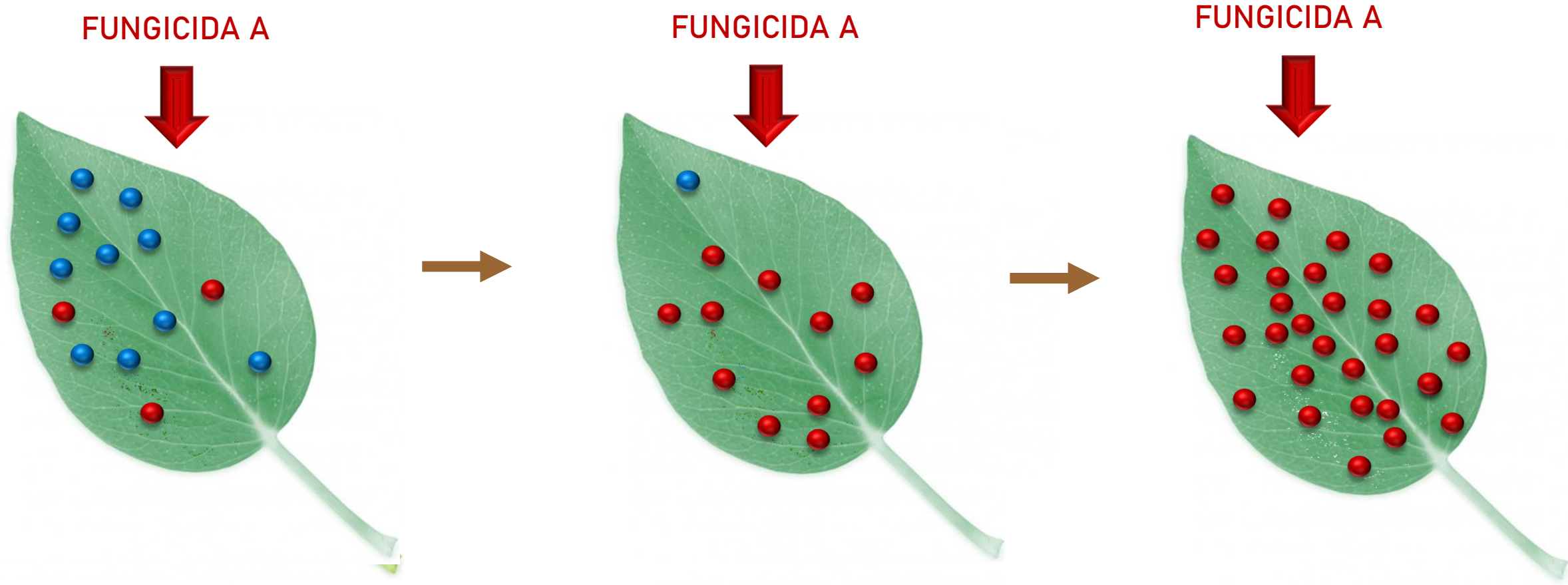
POBLACIÓN FINAL RESISTENTE



Ocurrencia natural de un individuo resistente

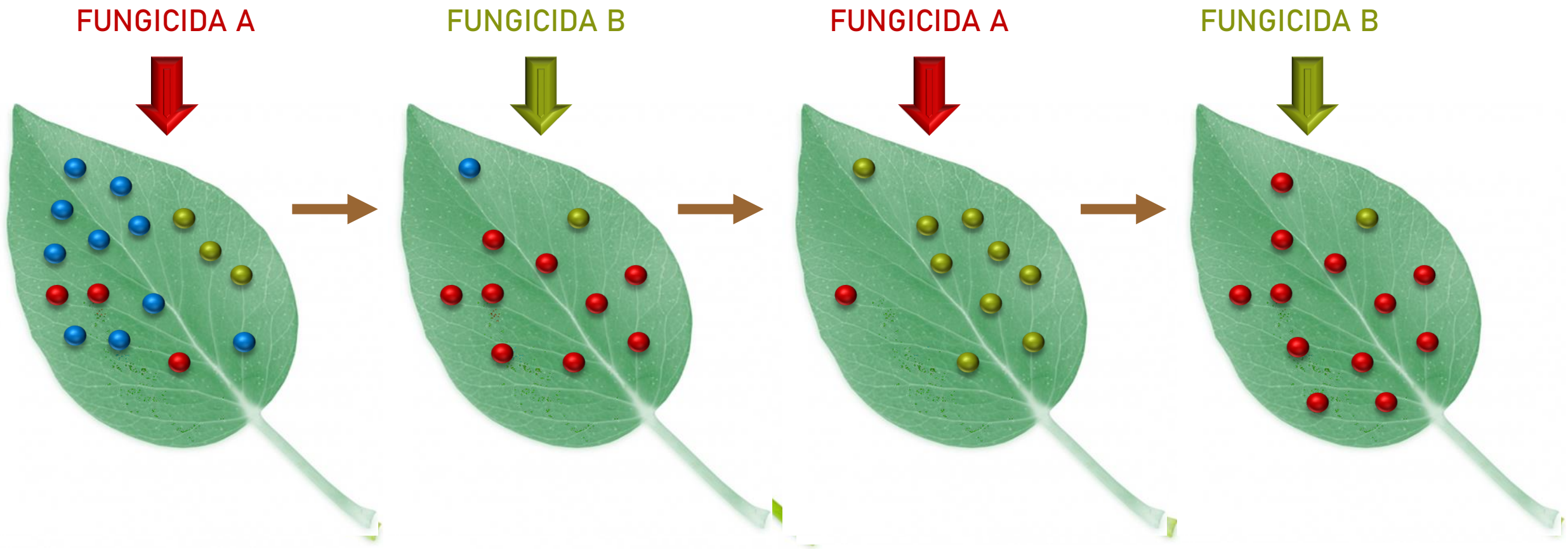
- Aislado sensible
- Aislado resistente

Manejos anti resistencia: efecto de la alternancia de fungicidas



- Aislado sensible
- Aislado resistente fungicida A

Manejos anti resistencia: efecto de la alternancia de fungicidas



- Aislado sensible
- Aislado resistente fungicida A
- Aislado resistente fungicida B

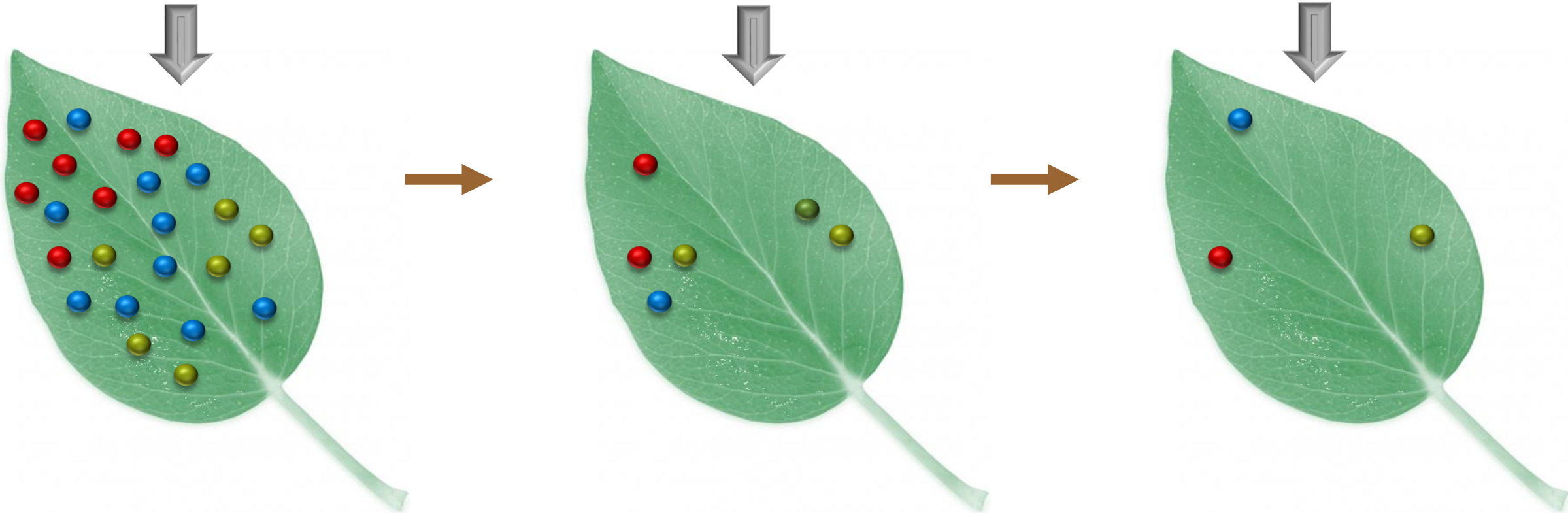
“Moléculas eficientes, resistencia a los fungicidas”

Manejos anti resistencia: efecto de la **mezcla** de fungicidas

FUNGICIDA A + FUNGICIDA B

FUNGICIDA A + FUNGICIDA B

FUNGICIDA A + FUNGICIDA B



- Aislado sensible
- Aislado resistente fungicida A
- Aislado resistente fungicida B

CADA FUNGICIDA CONTROLA EN EL MISMO MOMENTO LOS RESISTENTES DEL OTRO FUNGICIDA

Ambos fungicidas deben ser efectivos en el control del hongo y deben ser aplicados a dosis completa

Resistencia a fludioxonilo: MDR1, resistencia multidroga

- MDR1 principal mecanismo de resistencia a fludioxonilo.
- Basado en la sobreexpresión transportadores de eflujo en membrana.
- Transportadores es relativamente inespecífico, por lo que es activo en diferentes fungicidas.

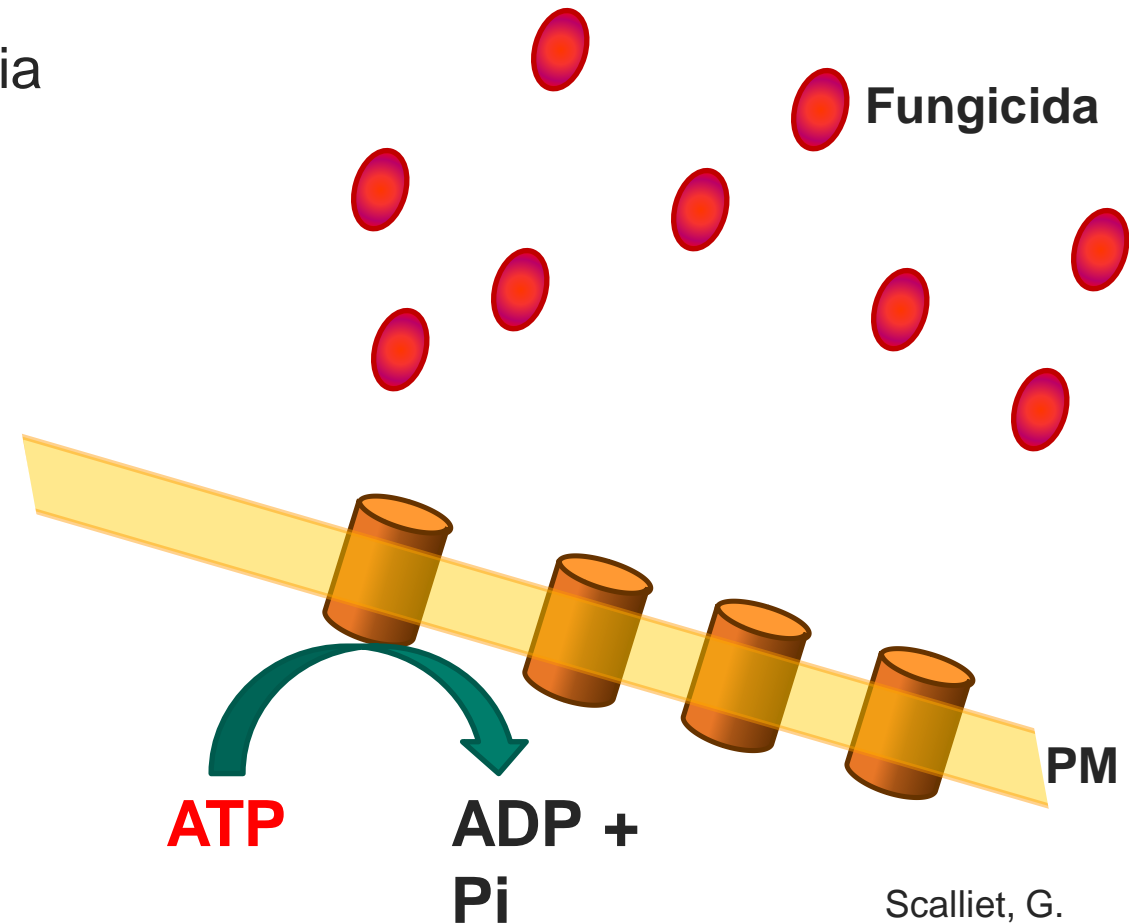


Diagrama de la interacción entre el factor de riesgo del fungicida, el factor de riesgo del patógeno y el factor de riesgo agronómico

CLASE DE FUNGICIDA	RIESGO FUNGICIDA	RIESGO COMBINADO			RIESGO AGRONÓMICO
Benzimidazoles Dicarboxamidas Fenilamidas Qol	ALTO=6	6 3 1,5	12 6 3	18 9 4,5	ALTO=1 MEDIO=0,5 BAJO=0,25
	MEDIO=4	4 2 1	8 4 2	12 6 3	
SDHI Anilino pirimidinas Fosforotiolatos	MEDIO=4	4 2 1	8 4 2	12 6 3	ALTO=1 MEDIO=0,5 BAJO=0,25
Fungicidas multisitio (ditiocarbamatos, cobres, sulfuros) inhibidores MBI-R, inductores SAR	BAJO=1	1 0,5 0,25	2 1 0,25	3 1,5 0,75	ALTO=1 MEDIO=0,5 BAJO=0,25
RIESGO PATÓGENO		BAJO=1	MEDIO=2	ALTO=3	
GRUPOS DE PATÓGENOS		Patógenos de semillas (<i>Pyrenospora</i> spp., <i>Ustilago</i> spp.) patógenos de suelo (<i>Phytophthora</i> spp.) <i>Rhizoctonia</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>Sclerotinia</i> <i>Sclerotium</i>	<i>Rhynchosporium commune</i> <i>Zymoseptoria tritici</i> <i>Oculimacula</i> spp. <i>Erysiphe necator</i> <i>Pyrenospora teres</i> <i>Zymoseptoria tritici</i> , <i>Monilinia</i> spp. <i>Cercospora</i> spp.	<i>Blumeria graminis</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Penicillium</i> spp. <i>Pyricularia oryzae</i> <i>Venturia inaequalis</i> <i>Pseudocercospora fijiensis</i>	

Factores para el desarrollo de resistencia



Factores inherentes de riesgo de resistencia		
Riesgo del fungicida	Riesgo del patógeno	Riesgo agronómico
Sitio específico	Ciclo de vida corto	Condiciones climáticas favorables
Mutación de un solo sitio	Alta producción de esporas	Prácticas agrícolas
Alta persistencia	Dispersión por muchas vías, etapa sexual, infección en muchos estados	Disponibilidad de otros modos de acción

Fuente: Karl-Heinz Kuck

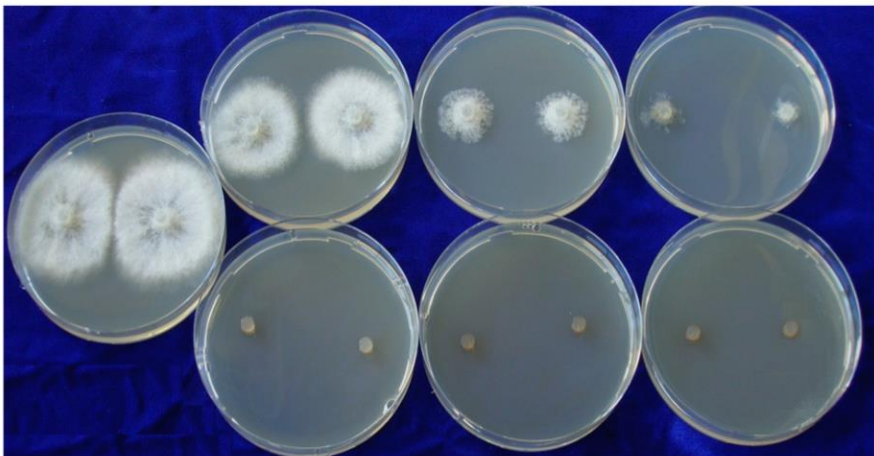
Condiciones predisponentes al desarrollo de pérdida de sensibilidad

- Medio ambiente predisponente
- Variedades susceptibles
- **Momento de aplicación inadecuado**

- Aplicación a hilera alternada
- Aplicación aérea de manera deficiente
- **Dosis inadecuadas no respetando etiqueta (subdosis)**

Uso repetido de la misma clase de fungicidas (FRAC)

Desarrollo de pérdida de sensibilidad



Adaptado Adaskaveg, 2018



Manejos anti resistencia

- Oportunidades de aplicación
- Evitar aplicaciones curativas: el control preventivo es mejor que aplicaciones tardías de carácter curative
- Incluir productos multisitios en el programa fitosanitario
- Siga una apropiada alternancia de productos fitosanitarios según lineamientos del FRAC
- Evite repetir fungicidas con el mismo riesgo de resistencia
- **¡No bajar las dosis! Siga las recomendaciones técnicas**
- Preocupación constante por la calidad de la aplicación

Específica

- **Baja** frecuencia de aislados resistentes
- Con **bajo o nulo impacto en eficacia**



- **Alternar con otros modos de acción**
- Donde sea apropiado emplear mezclas

- **Alta** frecuencia de aislados resistentes
- **Eficacia alterada**



- Dependiendo del *fitness* de los aislados resistentes, **limitar o abandonar el uso de la molécula.**
- **Mezclas de fungicidas eficientes** (idealmente mostrando resistencia cruzada negativa)

Multidrogra

- **Varios activos comprometidos**
- **Baja frecuencia**



- **Aplicación a full dosis**
- **Alternancia con otros grupos fungicidas y limitación del número de aplicaciones.**
- Mezcla con moduladores si están disponibles

Fillinger, S.

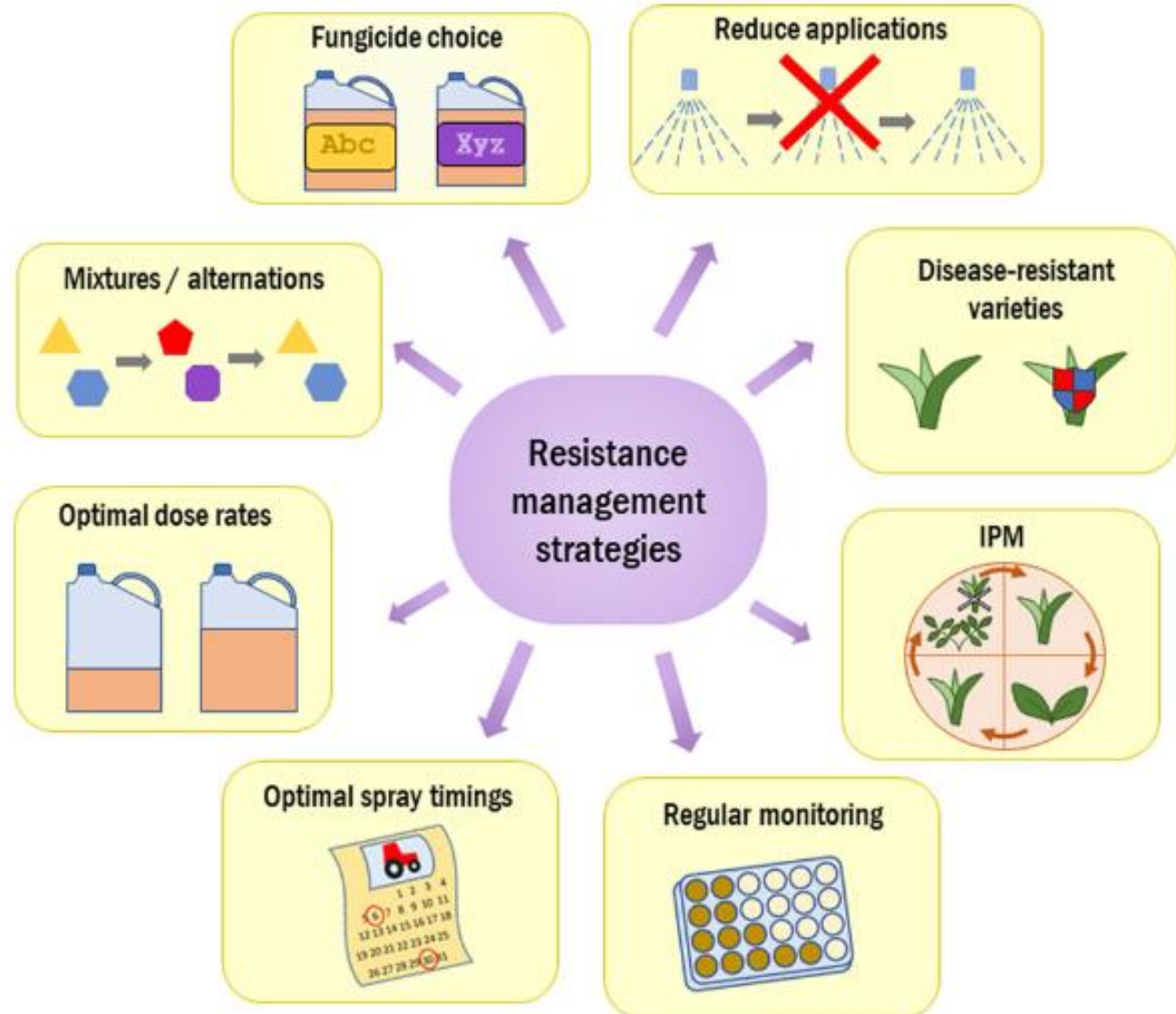
Recomendaciones de FRAC para el manejo de resistencia según grupo

Caso de boscalida, pirimetanilo, fludioxonilo y fenhexamida



Modo de Acción	Nombre del Grupo	Ingrediente Activo	Riesgo de Resistencia	Indicaciones de Aplicación FRAC
Respiración	Inhibidores de la Succinato Deshidrogenasa (SDHI) (carboxamidas)	boscalida isofetamida fluopiram pidiflumetofen	Medio a Alto	En mezcla: 2 aplicaciones consecutivas. 6 aplicaciones de fungicidas: 2 de SDHI y 3 en mezcla.
Síntesis de Proteínas	Anilino pirimidinas (AP)	ciprodinilo pirimetanilo mepanipirim	Medio	4-6 aplicaciones de fungicidas: 2 de AP. 7 aplicaciones de fungicidas: 3 de AP, no más de dos consecutivas.
Transducción de Señales	Fenilpirroles (PP)	fludioxonilo	Bajo a Medio	En mezcla: 2 aplicaciones consecutivas. 2-5 aplicaciones de fungicidas: 2 de PP. 6 o más aplicaciones de fungicidas: 3 de PP.
Biosíntesis del Ergosterol	Inhibidores de la enzima Ketoreductasa (KRI)	fenhexamida fenpirazamina	Bajo a medio	4-6 aplicaciones de fungicidas: 2 de KRI. En aplicaciones en mezcla no más del 50% de KRI

Consideraciones para el desarrollo de un programa fitosanitario



- Elección adecuado del fungicida
- Reducir el número de aplicaciones
- Conocer la susceptibilidad de las variedades cultivadas
- Manejo integrado con productos alternativos cero residuos
- Monitoreo
- Calendarización adecuada de las aplicaciones
- Uso de dosis según etiqueta
- Mezclas de fungicidas
- Alternancia entre grupos fungicidas

LMR de los principales fungicidas bottriticidas para arándanos

ASOEX, 3 junio 2024



Ingrediente activo	CHILE	CHINA	COREA	EAU	HONG KONG	JAPON	USA	UK	UE	CODEX - CXL
azoxistrobina	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5
benomilo	1		0,2		1	3			0,1	1
boscalida	10	10	10	10	10	10	13	15	15	10
captan	20	20	20	20	20	20	20	30	30	20
ciprodinilo	10	10	4	10	ST	5	3	10	8	10
clorotalonilo	1	ST	0,01	0,01	10	1	1	0,01	0,01	ST
difenoconazol	0,1	5	4	4	ST	4	4	4	4	4
fenbuconazol	0,5	0,5	0,3	0,5	ST	0,7	0,3	0,5	0,5	0,5
fenhexamida	5	5	5	5	5	5	5	20	20	5
fenpirazamina	4	4	4	4	ST	5	5	4	4	4
fluazinam	3	ST	5	3	ST	4	7	3	3	ST
fludioxonilo	2	2	2	2	2	2	2	5	4	2
fluopiram	7	ST	6	7	ST	7	7	7	7	7
fluxapiroxad	7	7	7	7	ST	7	7	7	7	7
folpet	0,02		10			0,01			0,03	
iprodione	15	ST	10	0,01	12	15	15	0,01	0,01	ST
isofetamida	4	ST	7	4	ST	5	5	4	4	4
mefentrifluconazol	5	ST	5	5	ST	5	5	0,01	2	5
mepanipirima	0,01	ST	0,01	0,01	ST	0,01	ST	0,01	0,01	ST
pentiopirad	7	ST	0,07	7	ST	7	6	7	0,01	7
pidiflumetofeno	5	ST	5	5	ST	5	5	0,01	0,01	5
piraclostrobina	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4
pirimetanilo	8	8	8	8	5	5	8	8	8	8
tebuconazol	2	ST	7	1,5	ST	0,01	ST	1,5	1,5	ST

Ejemplo de un programa fitosanitario para el control de enfermedades **orgánico**



Trichoderma spp.+ *Bacillus* spp.
Trichoderma spp.
Bacillus spp.

Cerevisana
 Laminarina

Trichoderma spp.

Bacillus spp.
Aureobasidium pullulans



Sulfato de cobre pentahidratado
 Óxido cuproso
 Oxiclورو de cobres

Péptido BLAD
 Extracto de *Swinglea glutinosa*
 Extracto de *Malaleuca alternifolia*
 Extracto de *Reunoutria sachhaliensis*
 Extracto de *Quillaja saponaria*
 Capsaicina
 Extractos de *Citrus aurantium*
 Hidrógeno carbonato de potasio

Ejemplo de un programa fitosanitario para el control de enfermedades **convencional**



clorotalonilo (5-40 días)
fluazinam
difenoconazole (5-35 días)

Sesquisulfato de estreptomycin +
clorhidrato de oxitetraciclina

azoxistrobina + difenoconazol
azoxistrobina
fenbuconazol (10-20 días)
piraclostrobin (3 días)

Sulfato de cobre pentahidratado
Hidroxido de cobre
Óxido cuproso
Oxicloruro de cobre

boscalida (3-5 días)
boscalida + piraclostrobina (7 días)
fenhexamida (1-3 días)
fenhexamida + fludioxonilo (1 día)
ciprodinilo + fludioxonilo (3 días)
fluopiram + pirimetanilo (1 día)
pidiflumetofeno + fludioxonilo (7 días)
pentopirad (2 días)
piraclostrobina (7 días)
pirimetanilo (1 día)
mepanipirima (60 días)
fenpirazamina
Isofetamida
captan (3-10 días)

Ejemplo de un programa fitosanitario para el control de enfermedades **integrado**



fluazinam

ciprodinilo + fludioxonilo

Péptido BLAD

azoxistrobina + difenoconazol

captan

Bacillus spp.

ciprodinilo + fludioxonilo

Sulfato de cobre pentahidratado

Trichoderma spp.

Aureobasidium pullulans



Estrategias de manejo integrado de enfermedades

Moléculas eficientes y conceptos de resistencia a fungicidas

H. Simon Navarrete Jeldres
Jefe de I+D de Fungicidas y Biofungicidas
ANASAC CHILE S.A.

Ing. Agrónomo, Master en Sanidad Vegetal, especialista en fitopatología
snavarrete@anasac.cl

