

Encuentros de innovación para el sector agropecuario

Ciclo de conferencias en Sanidad Vegetal

Control químico de enfermedades de plantas: entre la producción y la sostenibilidad.

Invitada:

Liliana Hoyos
PhD. Profesora Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Octubre

07

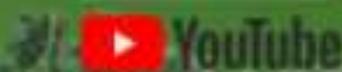
2021

Jueves

10:00

11:00

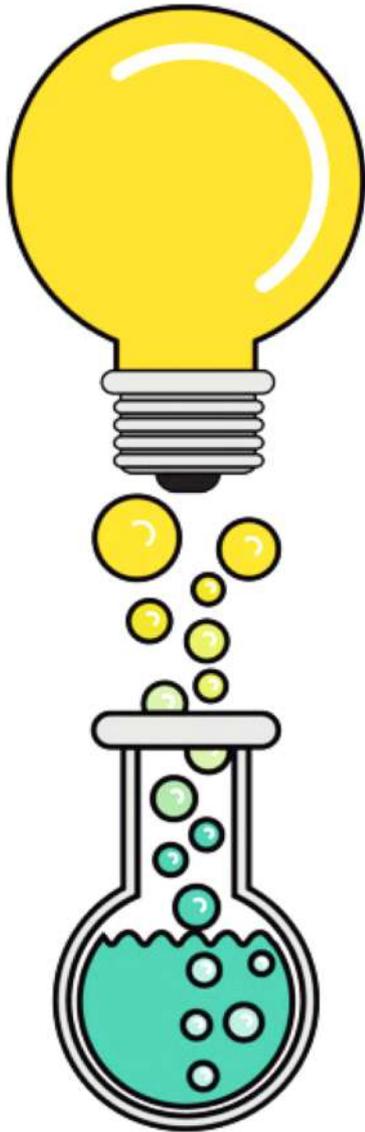
a.m.



Sin costo con
previa inscripción

Coorganiza:





CONTROL QUÍMICO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS: ENTRE LA PRODUCCIÓN Y LA SOSTENIBILIDAD

LILLIANA HOYOS-CARVAJAL

Las imágenes contenidas pertenecen a diseñadores en la web, su reproducción es libre citando la fuente



La clasificación de fungicidas por diferentes criterios puede variar, esta es una propuesta para su estudio y análisis crítico.



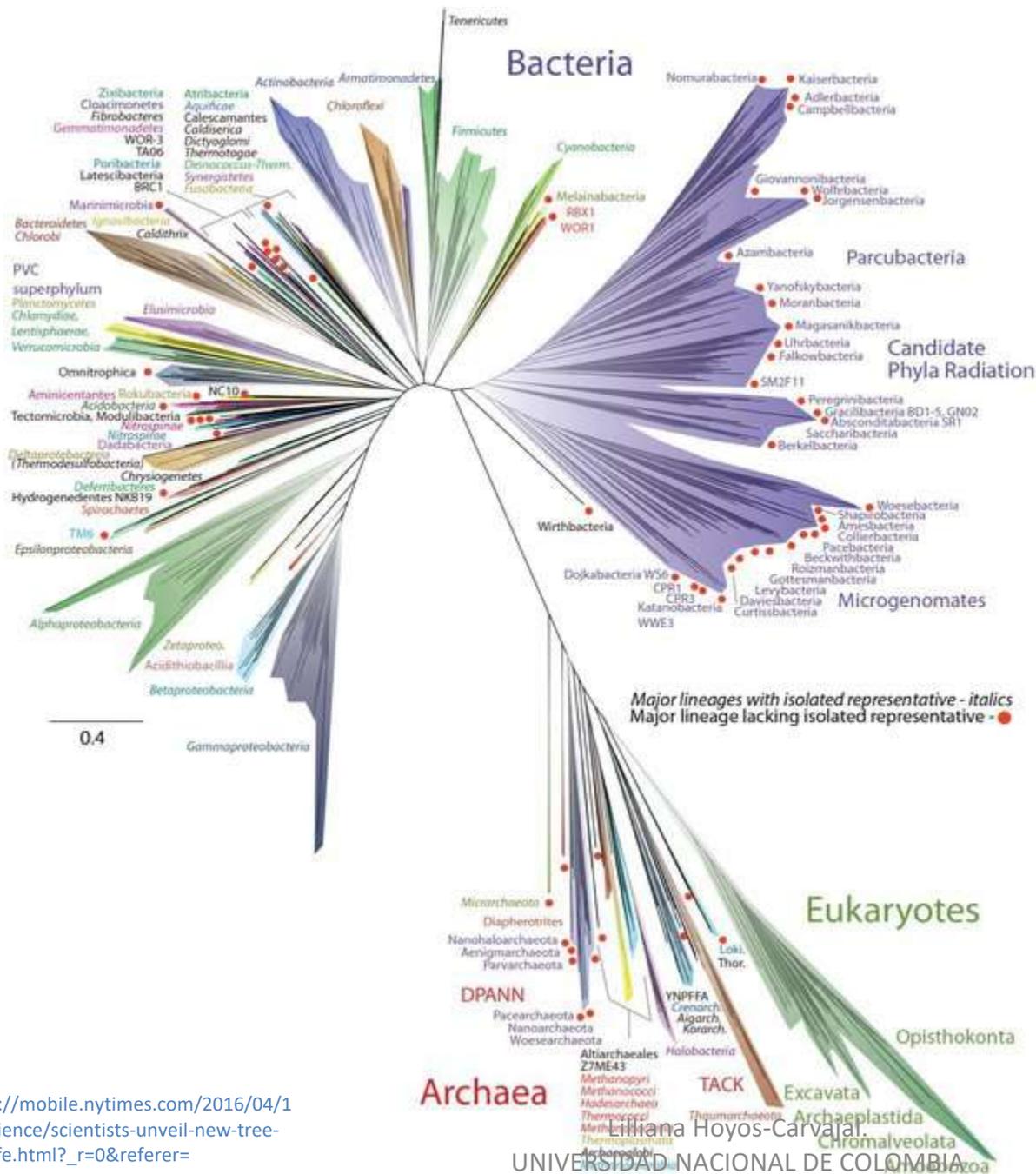
CONTENIDO

- 1. Introducción general: agentes causales de enfermedades de plantas.**
- 2. Conceptos generales y grupos de **fungicidas (FRAC)**.**
- 3. Resistencia.**



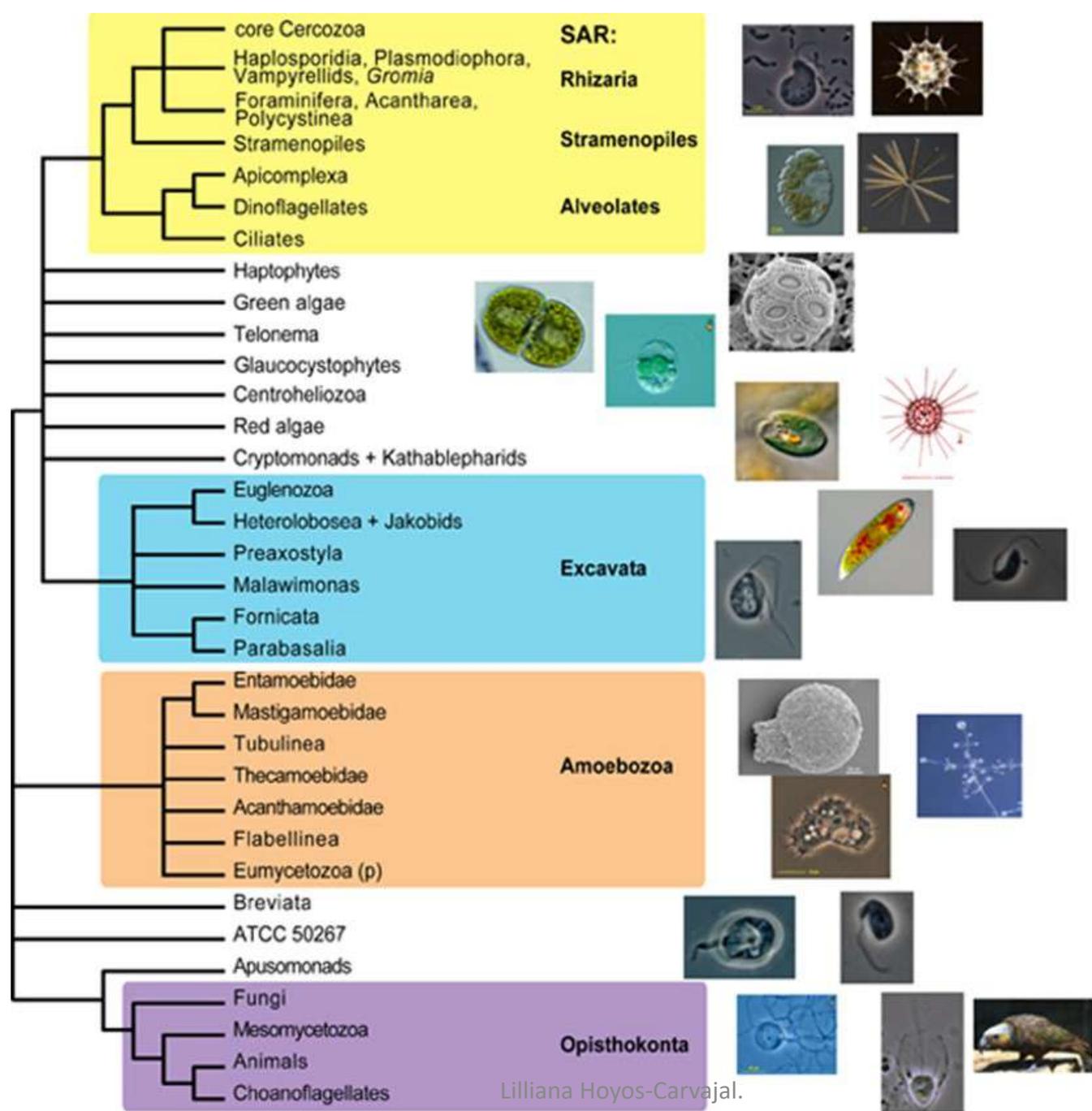
CONTENIDO

- 1. Introducción general: agentes causales de enfermedades de plantas.**
- 2. Conceptos generales y grupos de **fungicidas (FRAC)**.**
- 3. Resistencia.**

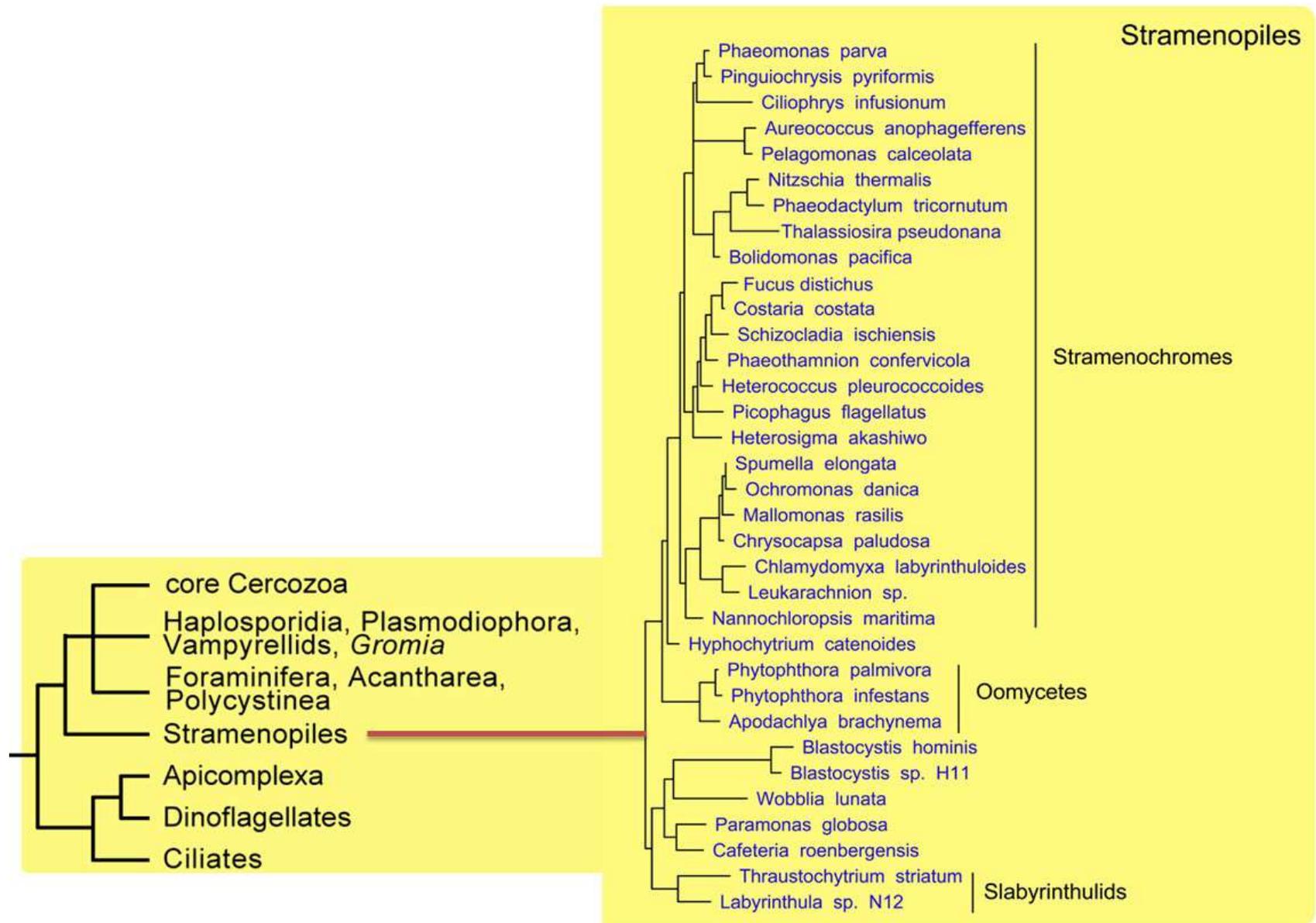


El nuevo árbol de la vida (abril 2016). Gran parte de la biodiversidad de la Tierra es bacteriana, la parte superior, la mitad de los cuales incluye "radiación filos candidato" que aún están a la espera de ser descrito. Los seres humanos están en la rama inferior de los eucariotas.

JILL BANFIELD / UC Berkeley, Laura HUG / Universidad de Waterloo



Lilliana Hoyos-Carvajal.



<http://www.science.smith.edu/departments/Biology/lkatz/EuTree2009/stramenopiles.html>



Oomycetes y hongos

Característica	Oomycota	Hongo verdadero
Reproducción sexual	Heterogametangia. Oosporas	zygosporas, ascosporas basidiosporas
Estado nuclear del micelio	Diploide	Haploide o dicariótico
Composición de pared celular	Beta glucanos, celulosa	Quitina, raramente celulosa
Mitocondria	Crestas tubulares	Crestas planas



Aphelidiomycota, Ascomycota, Basidiobolomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota, Calcarisporiellomycota, Caulochytriomycota, Chytridiomycota, Entomophthoromycota, Glomeromycota, Kickxellomycota, Monoblepharomycota, Mortierellomycota, Mucoromycota, Neocallimastigomycota, Olpidiomycota, Rozellomycota y Zoopagomycota

Pared celular: oomycetes, plasmodiophoromycetes y hongos

Oomycota

1,4- β -glucano (celulosa)

(1,3)- β -glucano

(1,6)- β -glucano

Quitina:

Leptomitacea

(Hyphochytridiomycetes)

(Bartnicki-Garcia 1968; Helbert et al. 1997)

Algunas especies tienen zoosporas y esporangios sin pared celular



Plasmodiophorom.

Mucopolisacáridos



Fungi

Polímeros insolubles en álcali (núcleo fibrilar):

(1,3)- β -glucano (Quitina/Quitosano)

β (1,3)/ β (1,4)-glucano

β (1,5) galacto- α (1-2)/ α (1-6) manano

Polímeros solubles en álcali (cemento interfibrilar):

α -(1,3)-glucano

α -(1,4)-glucosa

Galactomananos

Galactosaminogalactano

Lípidos

Glicoproteínas





CONTENIDO

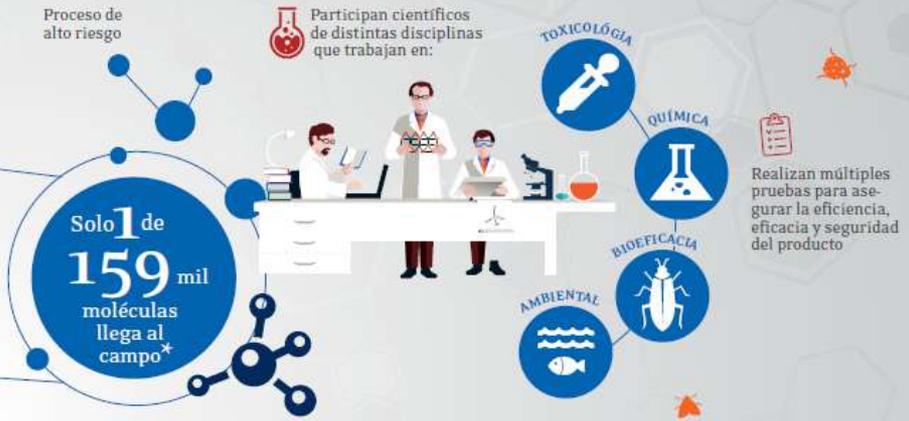
1. Introducción general: agentes causales de enfermedades de plantas.

2. Conceptos generales y grupos de **fungicidas (FRAC).**

3. Resistencia.

Sabías qué... detrás de un plaguicida científico y un riguroso

hay investigación, respaldo proceso de regulación



Diseñan la mejor fórmula, definen el proceso de fabricación y eligen los embalajes apropiados

Las empresas presentan los datos de la **SEGURIDAD** y **EFICACIA** requeridos por las autoridades de cada país

Una vez el producto está listo, se inician los trámites de registro para obtener el permiso de venta en cada país



Una vez el producto está en el mercado

- Las autoridades pueden revisar el registro en cualquier momento y pedir nueva información.
- Las autoridades hacen seguimiento al uso del producto.
- La industria participa en las capacitaciones sobre el uso responsable e impulsa programas de disposición final de los envases vacíos de plaguicidas

Marco de normatividad

DECISIÓN 804 Modificación de la Decisión 436

(Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola)

Lineamientos y procedimientos armonizados para el registro y control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola (PQUA); orientar su uso y manejo correcto en el marco de las buenas prácticas agrícolas; prevenir y minimizar riesgos a la salud y el ambiente; asegurar la eficacia biológica del producto; y, facilitar su comercio en la Subregión.



ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DEL COMERCIO



Convención Internacional de Protección Fitosanitaria
Proteger de las plagas los recursos vegetales del mundo

COMUNIDAD ANDINA

Bolivia • Colombia • Ecuador • Perú

Organismos internacionales de referencia reconocidos para licenciamiento de PQUA

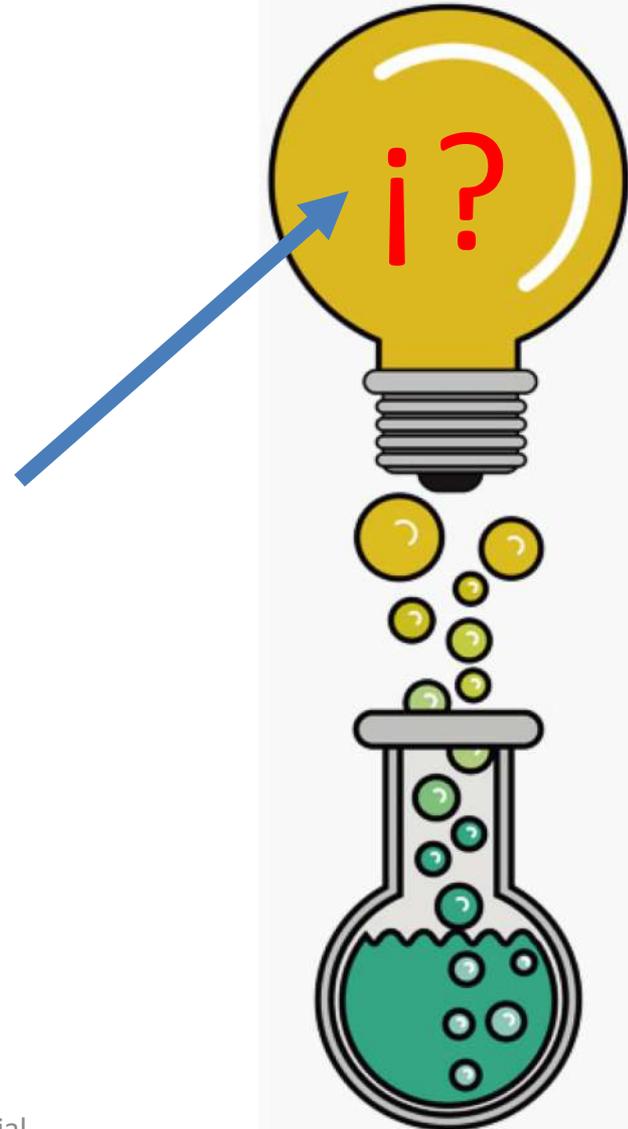
TEMA	REFERENCIA
Salud	FAO, OMS, IARC International Agency for Research on Cancer
Ambiente	FAO, EPA, OPPT Office of Pollution Prevention and Toxic Substances, FIFRA Federal Insecticide Fungicide and Rodenticide Act, EFSA European Food Safety Authority
Eficacia agronómica	FAO, IPAC Collaborative International Pesticide Analytical Council AOAC Association of Official Analytical Chemists

Plaguicidas/ pesticidas:

Agrupación de fungicidas, herbicidas e insecticidas usados en protección de plantas.

Fungicida:

es un tipo específico de plaguicidas que controla la enfermedad fúngica mediante la inhibición o muerte del hongo causante de la enfermedad en concreto.





FAO, 2013
Manual **Fungicides**
and resistance
to **fungicides**

Muchos compuestos no son realmente "*cidas*". La palabra sugiere que el fungicida/ compuesto matan el microorganismo /hongo/ sin selectividad precisa.

La mayoría de los “fungicidas” actúan como **fungistáticos** al principio y la acción **fungicida** se obtiene después de una interacción prolongada con el hongo.

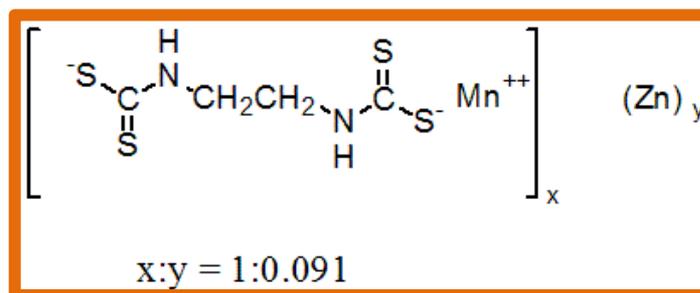
Nombres de los plaguicidas:



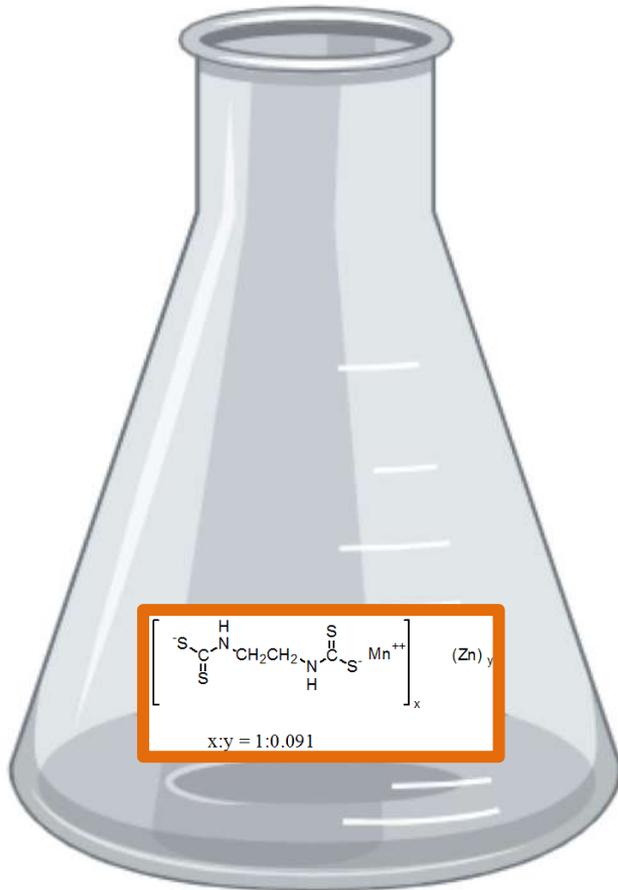
Nombre químico: (IUPAC)

NOMBRE QUÍMICO (IUPAC) Complejo de Etilenbis-ditiocarbamato de Manganeso y Zinc

FÓRMULA EMPÍRICA $(C_4H_6MnN_2S_4)_x(Zn)_y$



Nombres de los plaguicidas:



Nombre común:

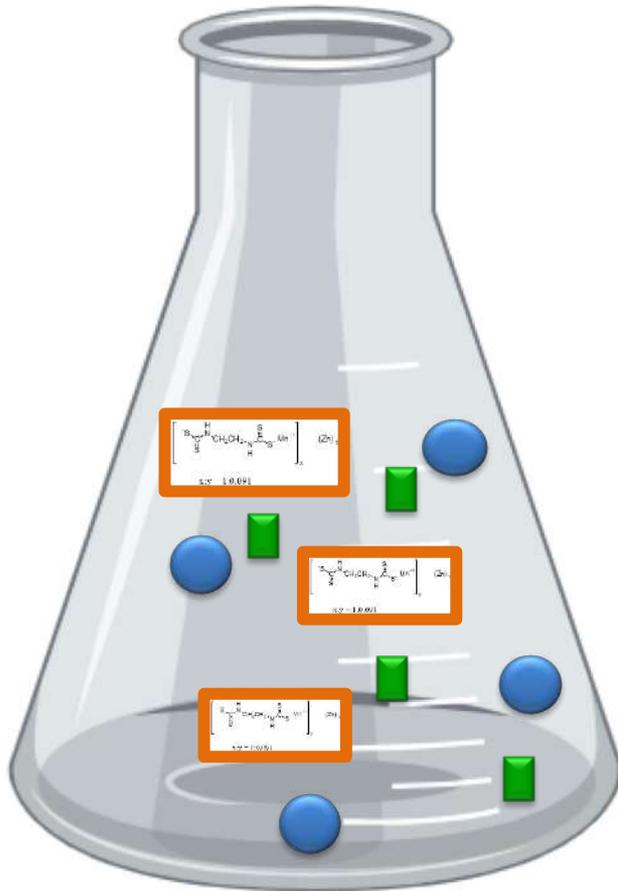
nombre técnico

del ingrediente activo

Mancozeb

Nombres de los plaguicidas:

Nombre comercial:



nombre de marca del
ingrediente activo mas
componentes inertes y
aditivos

Clasificación de los fungicidas



1. **Movilidad en la planta**
2. **Tipo de protección**
3. **Puntos de acción**
4. **Modo de acción**
5. **Origen de la molécula**

Clasificación de los fungicidas:

1. movilidad en la planta



Sistémicos

Protectantes

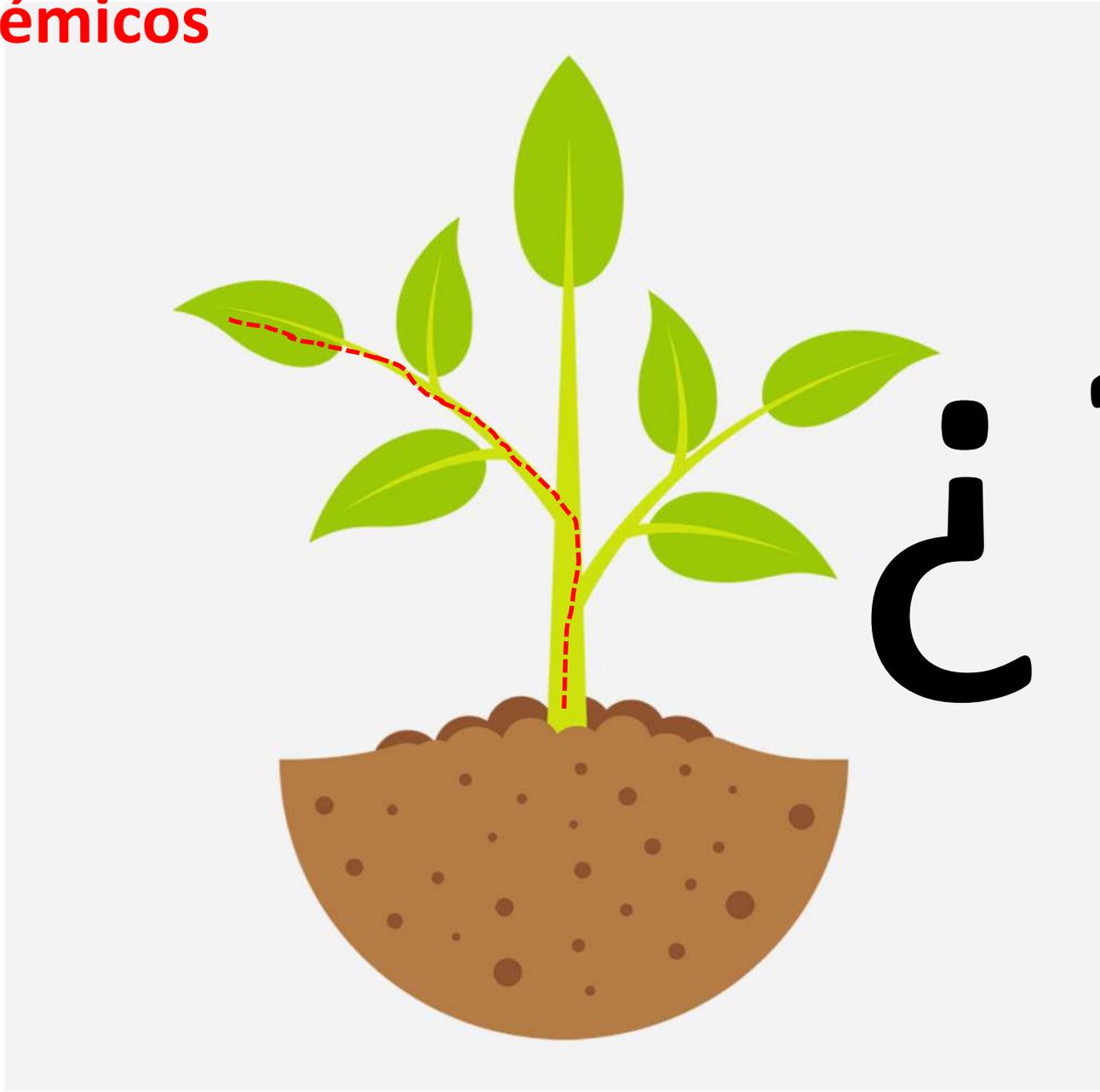
Clasificación de los fungicidas:

1. movilidad en la planta

FUNGICIDAS PENETRANTES O SISTÉMICOS

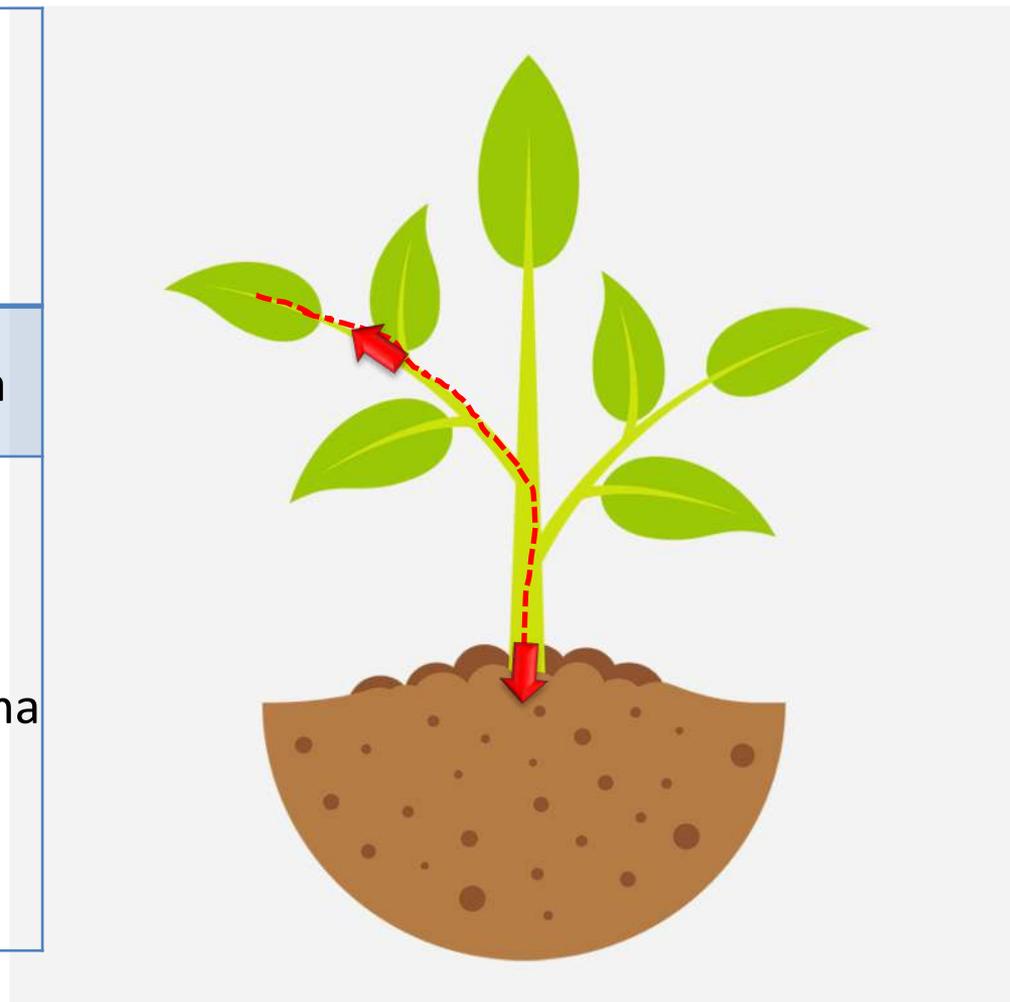
Tipo de sistema o penetración	Anfimóviles	Acropetal	Basipetal	Local sistémicos o translaminares
Vía	Xilema y floema	Xilema	Floema	Movimiento local
cubrimiento	toda la planta a través de su xilema y floema	Se mueve de las raíces hacia el ápice	Se mueven de ápice hacia las raíces	limitado la translocación del lugar de aplicación

Sistémicos



Lilliana Hoyos-Carvajal.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

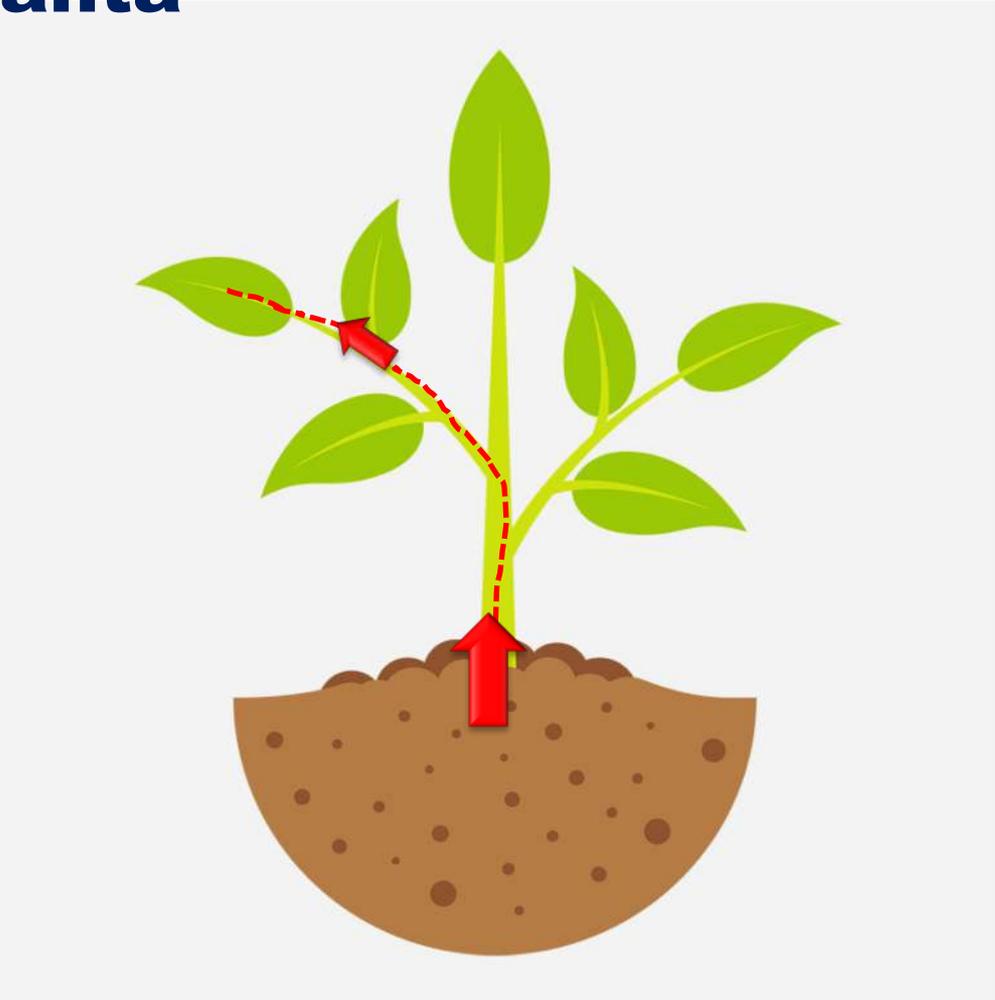
Tipo de sistema o penetración	Anfimóviles
Vía	Xilema y floema
cubrimiento	toda la planta a través de su xilema y floema



Clasificación de los fungicidas:

1. movilidad en la planta

Tipo de sistema o penetración	Acropetal
Vía	Xilema
cubrimiento	Se mueve de las raíces hacia el ápice



Clasificación de los fungicidas:

1. movilidad en la planta

Tipo de sistemía o penetración	Basipetal
Vía	Floema
cubrimiento	Se mueven de ápice hacia las raíces



Clasificación de los fungicidas:

1. movilidad en la planta

FUNGICIDAS PENETRANTES O SISTÉMICOS

Tipo de sistema o penetración	Local sistémicos o translaminares
Vía	Movimiento local
cubrimiento	limitado la translocación del lugar de aplicación



El flujo translaminar es simplemente movimiento de un lado de la hoja al otro viajando a través del espacio intracelular. Entonces, si la parte superior de la hoja tiene un producto químico de una aplicación, translaminar el movimiento también protegerá la parte inferior de la hoja.

Clasificación de los fungicidas:

1. movilidad en la planta

FUNGICIDAS PENETRANTES O SISTÉMICOS



Mesostémico: fungicida con capacidad para redistribuirse mediante el movimiento del vapor. En términos más simples, la sustancia química entra en una fase de vapor y penetra en plantas vecinas y otras partes de la misma planta donde brindará protección.

Clasificación de los fungicidas:

2. Tipo de protección

- Preventivos:
- Actividad en estados iniciales de infección: (*curativos*)
- Erradicantes: (*residualidad*)
- Antiesporulantes:

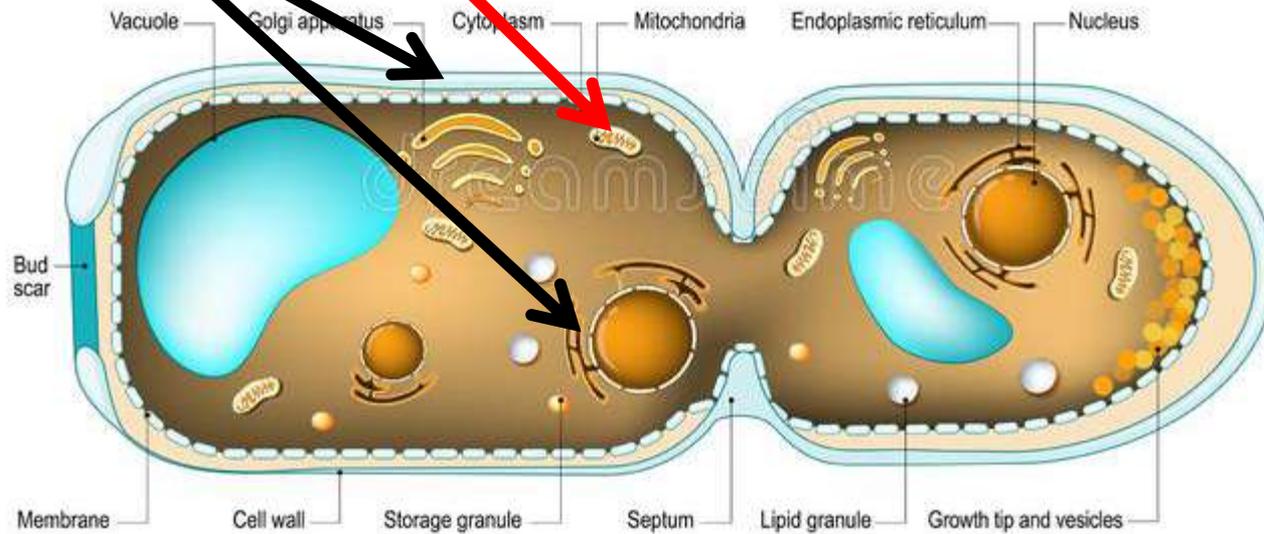


Modificado de: <https://www.pitchcare.com/shop/dualitas-fungicide-250-ml.html>

Clasificación de los fungicidas: U

3. Puntos/sitos de acción

- Sitio único:
- Multisitio:



Clasificación de los fungicidas:

4. Modo de acción

MoA Código	Modo de Acción
A	Metabolismo de ácidos nucleicos
B	Citoesqueleto y proteínas motoras
C	Respiración
D	Síntesis de proteínas y aminoácidos
E	Señales de transducción
F	Síntesis o transporte de lípidos / integridad o función de la membrana
G	Biosíntesis de esteroides
H	Biosíntesis de pared celular
I	Síntesis de melanina en pared celular
P	Inducción de defensa del hospedero
U	Desconocido
N	No especificado
M	Multisitio
BM	Biológicos con múltiples modos de acción



FUNGICIDE RESISTANCE
ACTION COMMITTEE

Search



Home Fungicide Resistance Management Publications FRAC-Teams Contacts



HERBICIDE
RESISTANCE
ACTION
COMMITTEE

Search

Board Login

WHO WE ARE HERBICIDE RESISTANCE PREVENTION & MANAGEMENT TOOLS CONTACT

PROTECTING CROP YIELDS AND QUALITY WORLDWIDE

Providing comprehensive information about weed resistance and best practices available to our regional partners and local experts around the world.



Insecticide Resistance Action Committee

LOGIN

Search...



Resistance management for sustainable agriculture and improved public health

HOME NEWS ABOUT TEAMS PESTS CROPS MODE OF ACTION TEST METHODS

INDEX

LATEST: *Sucking Pest IRM Guidelines - New Graphics Version Available* [READ MORE](#)

English

Clasificación de los fungicidas:

4. Modo de acción: **algunos ejemplos**

MoA Código	Modo de Acción
A	Metabolismo de ácidos nucleicos
B	Citoesqueleto y proteínas motoras
C	Respiración
D	Síntesis de proteínas y aminoácidos
E	Señales de transducción
F	Síntesis o transporte de lípidos / integridad o función de la membrana
G	Biosíntesis de esteroides
H	Biosíntesis de pared celular
I	Síntesis de melanina en pared celular
P	Inducción de defensa del hospedero
U	Desconocido
N	No especificado
M	Multisitio
BM	Biológicos con múltiples modos de acción

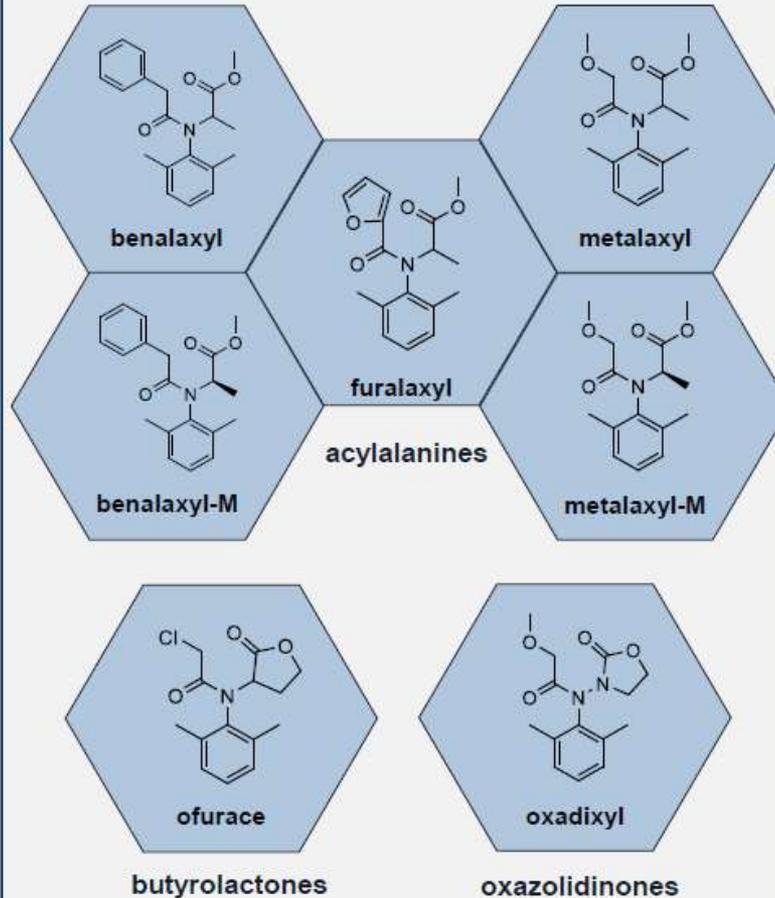
Adaptado de <https://www.frac.info/>

MOA	TARGET SITE AND CODE	GROUP NAME	CHEMICAL GROUP	COMMON NAME	COMMENTS	FRAC CODE
A: nucleic acids synthesis	A1: RNA polymerase I	PA – fungicides (PhenylAmides)	acylalanines	benalaxyl benalaxyl-M (=kiralaxyl) furalaxyl metalaxyl metalaxyl-M (=mefenoxam)	Resistance and cross resistance well known in various Oomycetes but mechanism unknown. High risk. See FRAC Phenylamide Guidelines for resistance management	4
			oxazolidinones	oxadixyl		
			butyrolactones	ofurace		
	A2: adenosin-deaminase	hydroxy-(2-amino-) pyrimidines	hydroxy-(2-amino-) pyrimidines	bupirimate dimethirimol ethirimol	Medium risk Resistance and cross resistance known in powdery mildews. Resistance management required.	8
	A3: DNA/RNA synthesis (proposed)	heteroaromatics	isoxazoles	hymexazole	Resistance not known.	32
			isothiazolones	ochtilinone		
	A4: DNA topoisomerase type II (gyrase)	carboxylic acids	carboxylic acids	oxolinic acid	Bactericide. Resistance known. Risk in fungi unknown. Resistance management required.	31

● A: Nucleic Acids Metabolism

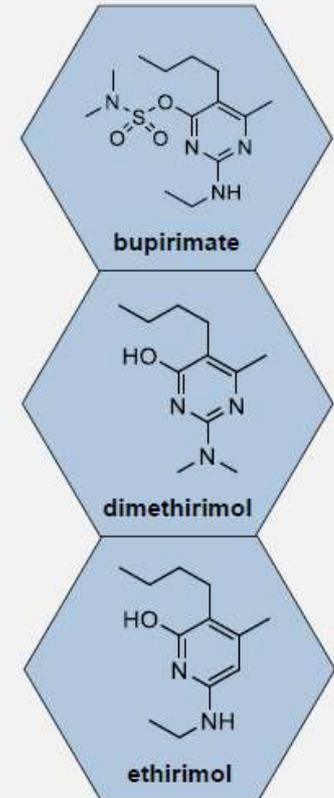
Metaxyl
Oomycetes RC

A1: RNA polymerase I # 4: PA-fungicides (PhenylAmides)



Group 4

A2: adenosine -deaminase # 8: hydroxy (2-amino)-pyrimidines



Group 8

A3: DNA / RNA synthesis (prop.)

A4: DNA

Las fenilamidas:

en uso comercial desde 1978

- controlan específicamente **oomicetos** (los mildius vellosos de la Peronosporales y Sclerosporales, así como la mayoría de los miembros de la Pythiales).
- Se translocan **acropetalmente** dentro de la planta e inhiben la biosíntesis de rRNA (complejo de la polimerasa I) en los patógenos diana.
- El mecanismo de **resistencia** puede implicar una (o dos) gen (es) importante y potencialmente varios genes menores.
- El gen diana y el sitio de la mutación (s) en el genoma no se han mapeado hasta ahora. Por lo tanto, no hay disponibles **métodos moleculares** para la detección de resistencia.
- fenilamidas: metalaxil, metalaxil-M (mefenoxam), furalaxil y oxadixil, benalaxil y benalaxil-M y ofurace

B. Citoesqueleto y proteínas motoras

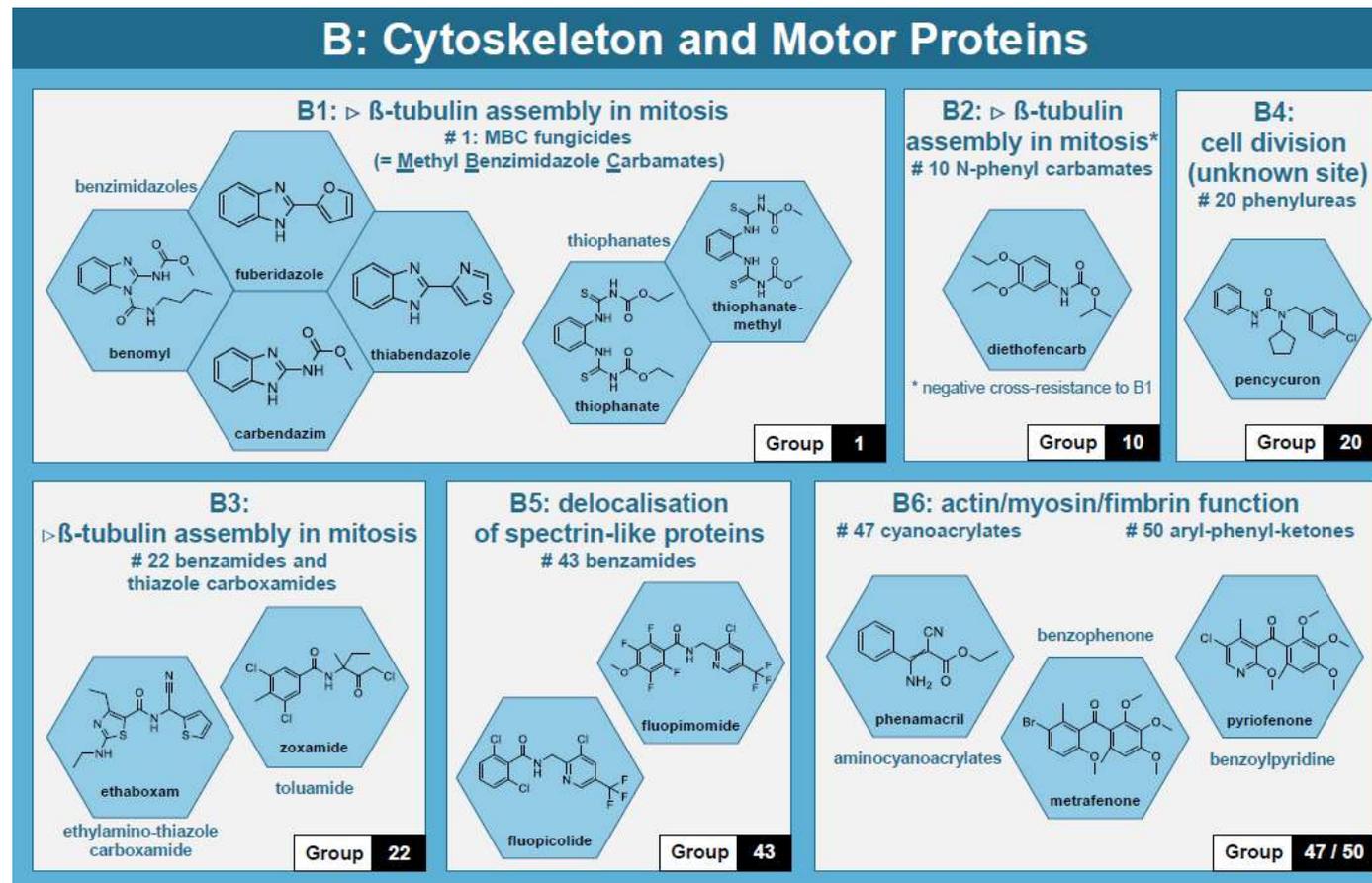
MoA Código	Modo de Acción
A	Metabolismo de ácidos nucleicos
B	Citoesqueleto y proteínas motoras
C	Respiración
D	Síntesis de proteínas y aminoácidos
E	Señales de transducción
F	Síntesis o transporte de lípidos / integridad o función de la membrana
G	Biosíntesis de esteroides
H	Biosíntesis de pared celular
I	Síntesis de melanina en pared celular
P	Inducción de defensa del hospedero
U	Desconocido
N	No especificado
M	Multisitio <small>Adaptado de https://www.frac.info/</small>
BM	Biológicos con múltiples modos de acción

B. Citoesqueleto y proteínas motoras

Alto riesgo de resistencia!!!

Resistencia cruzada entre I.A. del grupo

Resistencia común



Adaptado de <https://www.frac.info/>

No poseen acción contra: Oomycetes (*Phytophthora*, *Peronospora*, etc.),
Zigomycetes (*Rhizopus*)
y la mayoría de los basidiomycetes (royas carbonas),
ni contra algunas especies de Ascomycetes (*Alternaria*, *Helminthosporium*).

Lilliana Hoyos-Carvajal.

C. Respiración

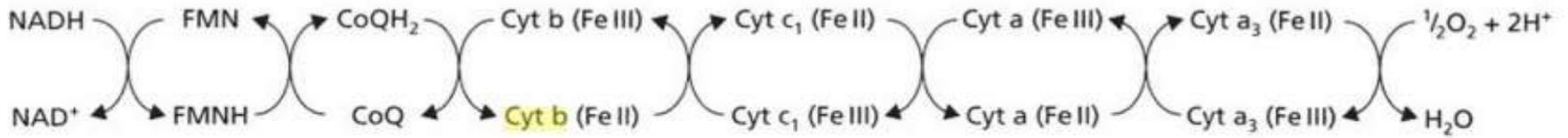
MoA Código	Modo de Acción
A	Metabolismo de ácidos nucleicos
B	Citoesqueleto y proteínas motoras
C	Respiración
D	Síntesis de proteínas y aminoácidos
E	Señales de transducción
F	Síntesis o transporte de lípidos / integridad o función de la membrana
G	Biosíntesis de esteroides
H	Biosíntesis de pared celular
I	Síntesis de melanina en pared celular
P	Inducción de defensa del hospedero
U	Desconocido
N	No especificado
M	Multisitio
BM	Biológicos con múltiples modos de acción

Adaptado de <https://www.frac.info/>

C. respiration	C3: complex III: cytochrome bc1 (ubiquinol oxidase) at Qo site (cyt b gene)	QoI-fungicides (Quinone outside Inhibitors)	methoxy-acrylates	azoxystrobin coumoxystrobin enoxastrobin flufenoxystrobin picoxystrobin pyraoxystrobin	Resistance known in various fungal species. Target site mutations in cyt b gene (G143A, F129L) and additional mechanisms. Cross resistance shown between all members of the QoI group. High risk. See FRAC QoI Guidelines for resistance management.	11
			methoxy-acetamide	mandestrobin		
			methoxy-carbamates	pyraclostrobin pyrametostrobin triclopyricarb		
			Oximino-acetates	kresoxim-methyl trifloxystrobin		
			oximino-acetamides	dimoxystrobin fenaminstrobin metominostrobin orysastrobin		
			oxazolidine-diones	famoxadone		
			dihydro-dioxazines	fluoxastrobin		
			Imidazolinones	fenamidone		
			benzyl-carbamates	pyribencarb		

Adaptado de <https://www.frac.info/>

1 mol glucosa → 6 H₂O y 6 CO₂

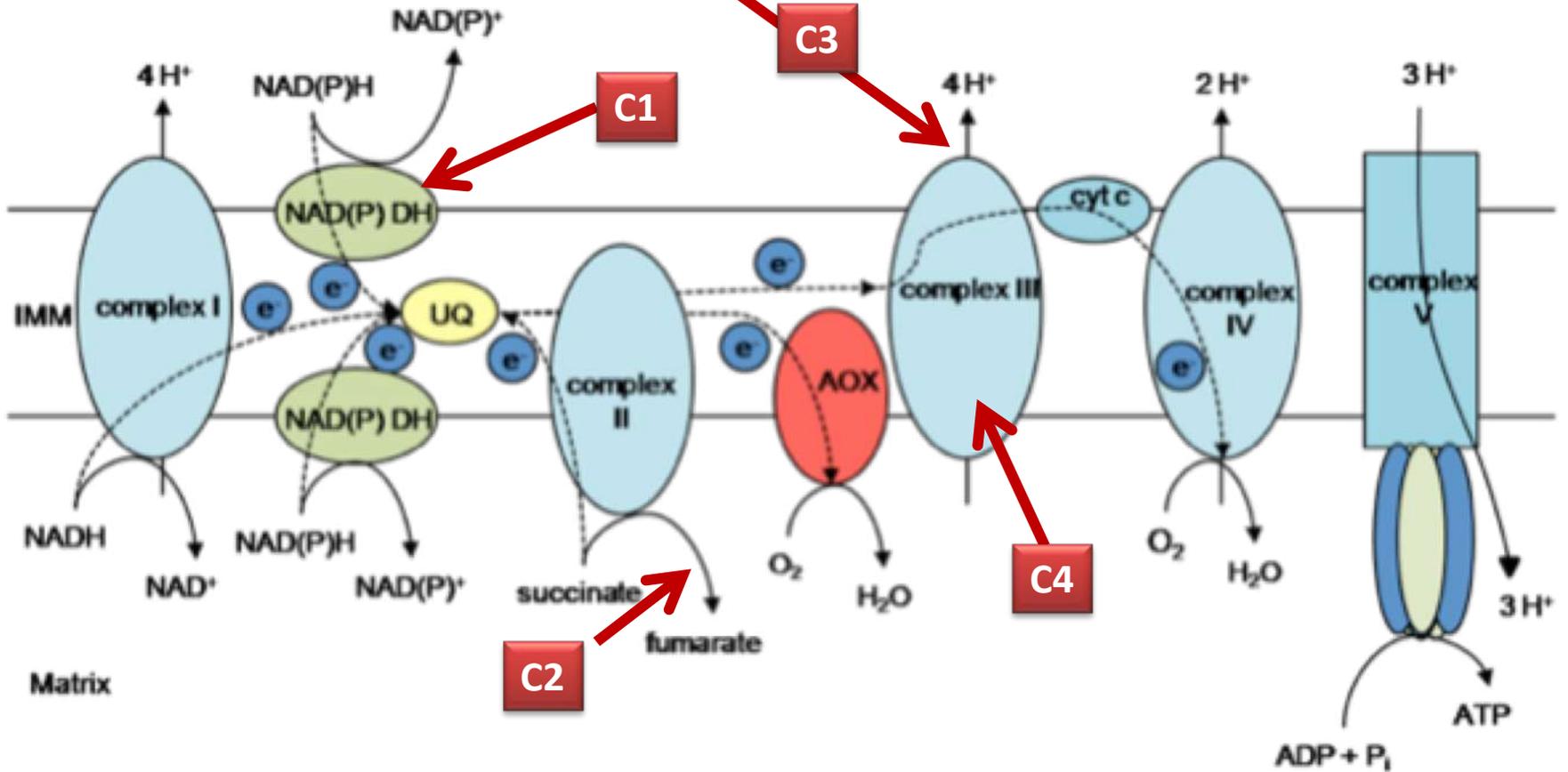


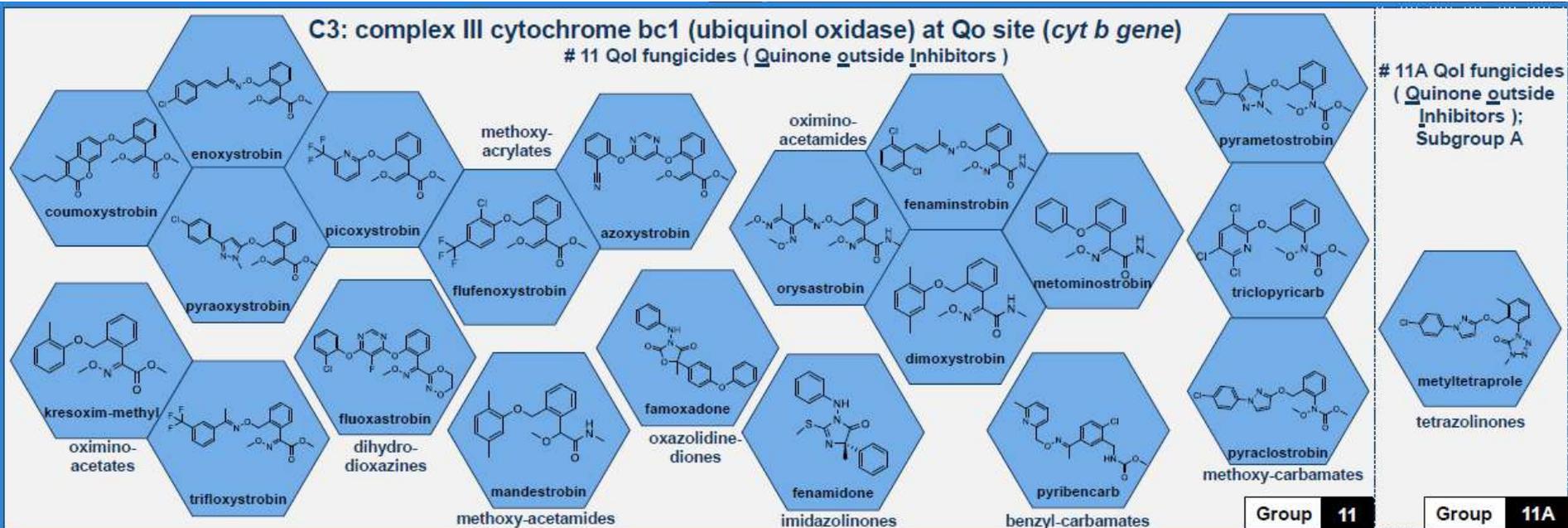
ADP+P₁ → ATP

ADP+P₁ → ATP

ADP+P₁ → ATP

Intermembrane space





Adaptado de <https://www.frac.info/>

Alto riesgo de
resistencia!!!

D. Síntesis de proteínas y a.a.

MoA Código	Modo de Acción
A	Metabolismo de ácidos nucleicos
B	Citoesqueleto y proteínas motoras
C	Respiración
D	Síntesis de proteínas y aminoácidos
E	Señales de transducción
F	Síntesis o transporte de lípidos / integridad o función de la membrana
G	Biosíntesis de esteroides
H	Biosíntesis de pared celular
I	Síntesis de melanina en pared celular
P	Inducción de defensa del hospedero
U	Desconocido
N	No especificado
M	Multisitio
BM	Biológicos con múltiples modos de acción

Adaptado de <https://www.frac.info/>

D: amino acids and protein synthesis

D1: methionine biosynthesis (proposed) (<i>cgs</i> gene)	AP - fungicides (Anilino-Pyrimidines)	anilino-pyrimidines	cyprodinil mepanipyrim pyrimethanil	Resistance known in <i>Botrytis</i> and <i>Venturia</i> , sporadically in <i>Oculimacula</i> . Medium risk. See FRAC Anilinopyrimidine Guidelines for resistance management.	9
D2: protein synthesis	enopyranuronic acid antibiotic	enopyranuronic acid antibiotic	blasticidin-S	Low to medium risk. Resistance management required.	23
D3: protein synthesis	hexopyranosyl antibiotic	hexopyranosyl antibiotic	kasugamycin	Resistance known in fungal and bacterial (<i>P. glumae</i>) pathogens. Medium risk. Resistance management required.	24
D4: protein synthesis	glucopyranosyl antibiotic	glucopyranosyl antibiotic	streptomycin	Bactericide. Resistance known. High risk. Resistance management required.	25
D5: protein synthesis	tetracycline antibiotic	tetracycline antibiotic	oxytetracycline	Bactericide. Resistance known. High risk. Resistance management required.	41

Adaptado de <https://www.frac.info/>

Periodo de carencia

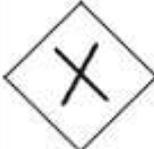


Periodo de reingreso



MODELOS DE ETIQUETAS PARA PLAGUICIDAS SEGÚN GRADO DE TOXICIDAD

Cuadro de clasificación de plaguicidas por peligrosidad de la OMS

CATEGORÍA TOXICOLÓGICA	Símbolo pictográfico para cada categoría	DL50 aguda (rata): mg de formulación por kg de peso corporal			
		Por vía oral		Por vía cutánea	
		Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
Ia EXTREMADAMENTE PELIGROSOS	 MUY TÓXICO	5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos
Ib ALTAMENTE PELIGROSOS	 TÓXICO	5-50	20-200	10-100	40-400
II MODERADAMENTE PELIGROSOS	 DANINO	50-500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
III LIGERAMENTE PELIGROSOS	CUIDADO	500 - 2000	2000 - 3000	Más de 1000	Más de 4000
IV	PRECAUCIÓN	Más de 2000	Más de 3000		



CONTENIDO

- 1. Introducción general: agentes causales de enfermedades de plantas.**
- 2. Conceptos generales y grupos de fungicidas (FRAC).**
- 3. Resistencia.**

RESISTENCIA A FUNGICIDAS:

Fenómeno de poblaciones

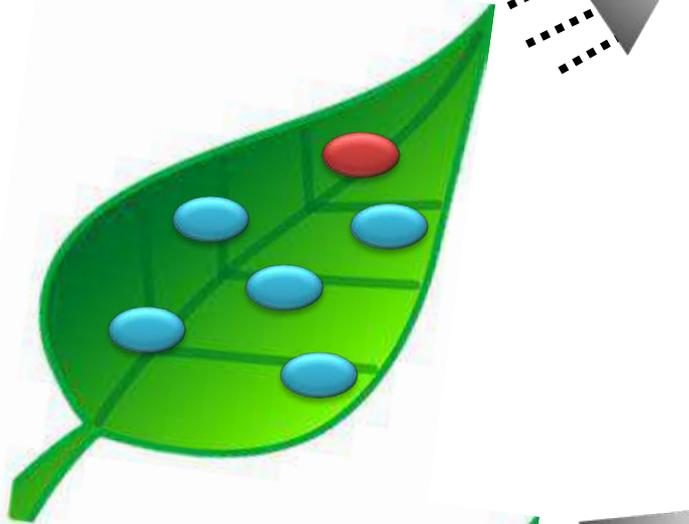
Con el transcurso del tiempo de uso de un fungicida las poblaciones del patógeno poco sensibles pueden aparecer y ser notorias puesto que no son controladas adecuadamente.

Por lo general, aparecen como una respuesta al **uso repetido del fungicida**, o para el uso repetido de otro fungicida que es relacionado con él químicamente y / o bioquímicamente a través de un mecanismo común de acción antifúngica.

Esta aparición de poblaciones resistentes de los organismos objetivo, que antes eran bien controlada, ha sido ampliamente conocido por los fármacos antibacterianos (por ejemplo, sulfonamidas, penicilina, estreptomycin) y para la sanidad agropecuaria y la pública insecticidas (DDT, por ejemplo) de casi sesenta años.

Primera generación

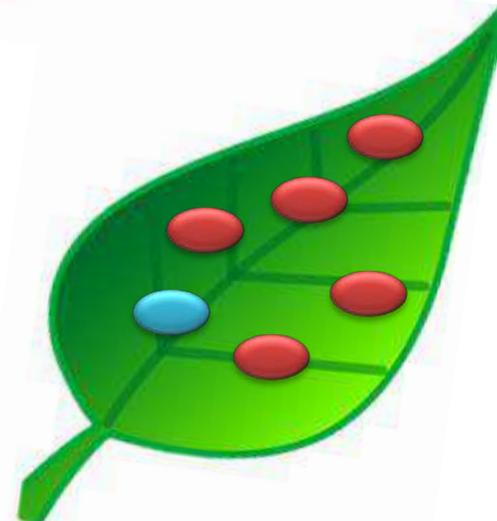
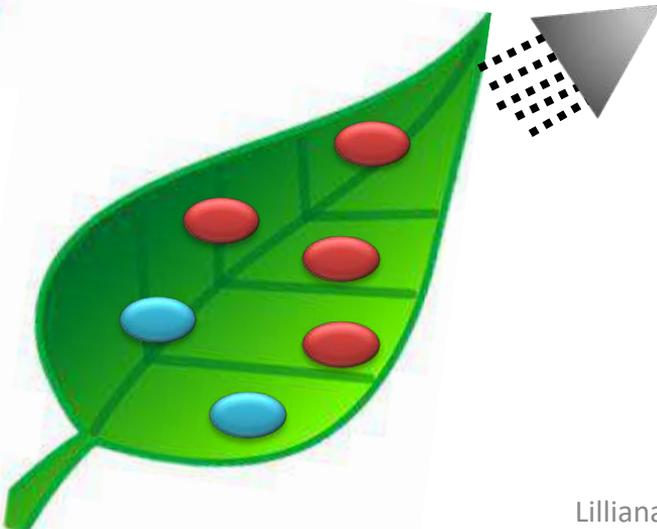
Antes de la aplicación de fungicida



Después de la aplicación de fungicida



Generaciones posteriores



RESISTENCIA discontinua y progresiva

Fungicide or fungicide class	Mechanism of resistance
Aromatic hydrocarbons	Unknown, but show cross-resistance with dicarboximides and phenylpyrroles
Organo-mercurials	*Detoxification by binding substances
Dodine	Unknown
Benzimidazoles	Altered target site (β -tubulin)
2-Amino-pyrimidines	Unknown
Kasugamycin	Altered target site (ribosomes)
Phosphorothiolates	Metabolic detoxification
Phenylamides	Possibly altered target site (RNA polymerase)
Dicarboximides and Phenylpyrroles	*Altered target site (protein kinase involved in osmoregulation)
DMIs	Increased efflux; altered target site; decreased demand for target-site product; target-site over-production
Carboxanilides	Altered target site (succinate-ubiquinone oxidoreductase)
QoIs (strobilurins)	Altered target site (ubiquinol-cytochrome c reductase)
Melanin Biosynthesis Inhibitors (Dehydratase) MBI-D	Altered target site (scytalone dehydratase)

*Some doubt regarding occurrence in field isolates

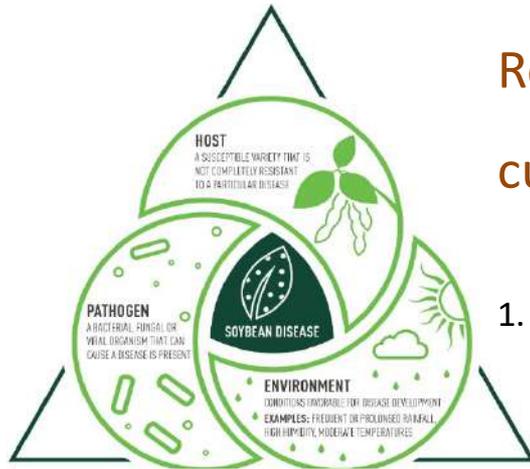
Reviews by Leroux *et al.*, 2002; Yamaguchi and Fujimura, 2005; Brent and Hollomon, 2007; provide further information

Resistencia progresiva:

Pérdida de sensibilidad al fungicida que se presenta en el tiempo y se detecta progresivamente como una falta de efectividad de la molécula. cuantitativa, multipasos, continua, direccional

Resistencia discontinua :

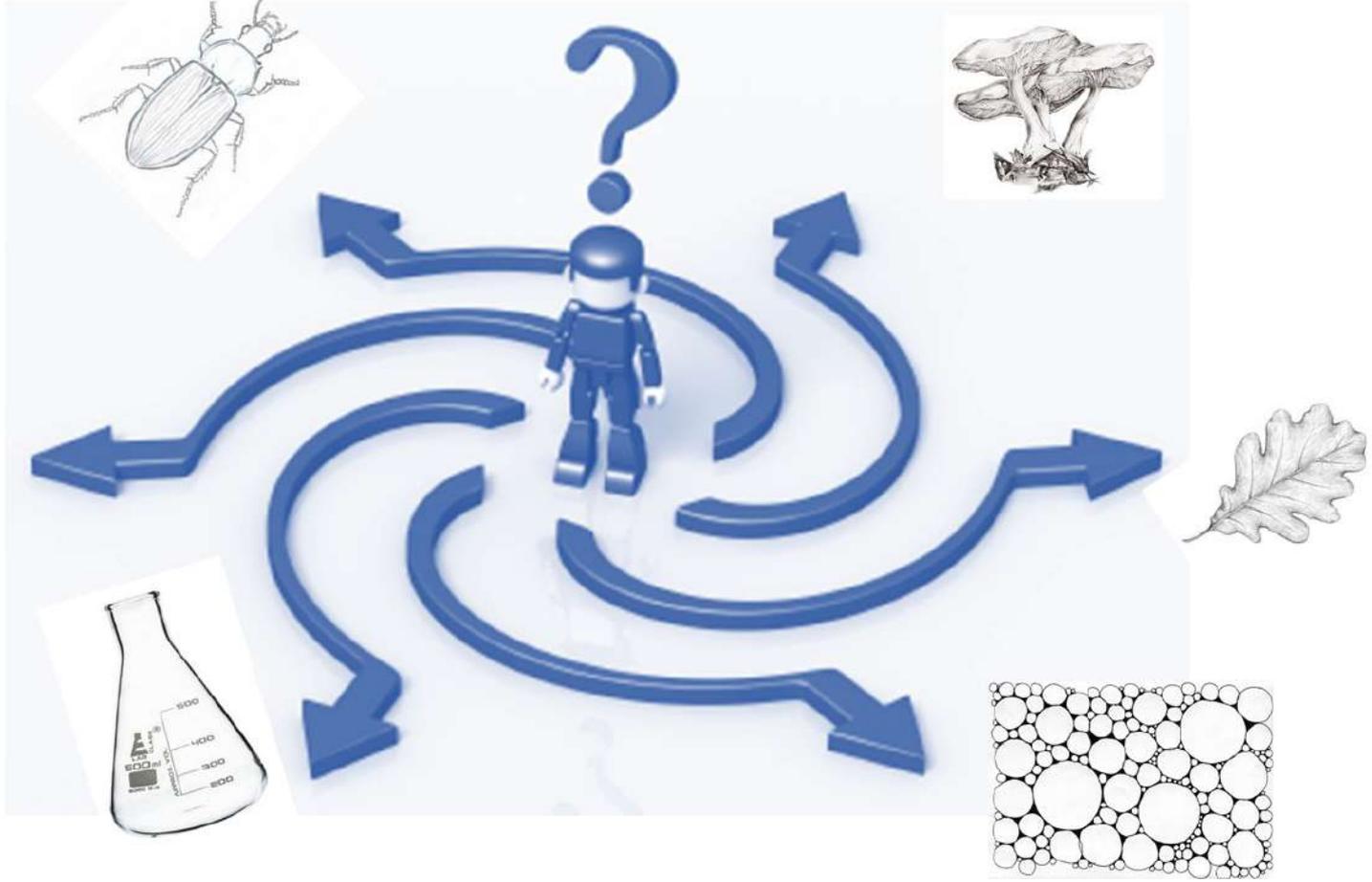
Pérdida de sensibilidad al fungicida súbita y marcada, entendida como una falta de efectividad de la molécula. Cualitativa Único paso Discreta disruptiva



Periodos de incubación, latencia y transición

Restringir el número de aplicaciones por ciclo de cultivo.

1. Triángulo de la enfermedad: Planta huésped susceptible, patógeno virulento y Condiciones ambientales adecuadas.
2. Si las condiciones ambientales no son propicias para que ocurra la enfermedad, el número de aplicaciones fungicidas puede ser reducido.
3. Sin embargo, si las condiciones epidemiológicas favorecen la enfermedad, debe hacerse un manejo preventivo con una Rotación de fungicidas.





GRACIAS

Liliana Hoyos-Castajal
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA