

FUNGICIDAS- INTRODUCCIÓN

CÁTEDRA DE PROTECCIÓN VEGETAL- FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS- UNJu

TEMARIO

- ▶ Generalidades
- ▶ Evolución
- ▶ Clasificación
- ▶ Principales grupos
- ▶ De contacto- sistémicos
- ▶ Clasificación FRAC (modos y mecanismos de acción)

HONGOS

- ▶ Los hongos son muy diferentes de cualquier otro grupo de organismos, aunque, por ser inmóviles y poseer una pared celular , se clasificaron durante mucho tiempo junto con las plantas.
- ▶ Algunos hongos, incluyendo a las levaduras, son unicelulares
- ▶ La mayoría de las especies están compuestas por masas de filamentos cenocíticos o multicelulares.
- ▶ Los hongos desempeñan un papel ecológico importante como descomponedores de materia orgánica
- ▶ Son también parásitos de muchos tipos de organismos, particularmente plantas, en las cuales frecuentemente causan enfermedades graves e importantes pérdidas a la agricultura.

EVOLUCIÓN

Año	Fungicida	Uso principal
1637	Salmuera	Tratamiento de semillas de cereales
1755	Arsénico	Tratamiento de semillas de cereales
1760	sulfato de cobre	Tratamiento de semillas de cereales
1824	Azufre (polvo)	Mildiú polvoroso y otros patógenos
1833	azufre de cal	Patógenos foliares de amplio espectro
1885	mezcla bordelesa	Patógenos foliares de amplio espectro
1891	cloruro de mercurio	fungicida para césped

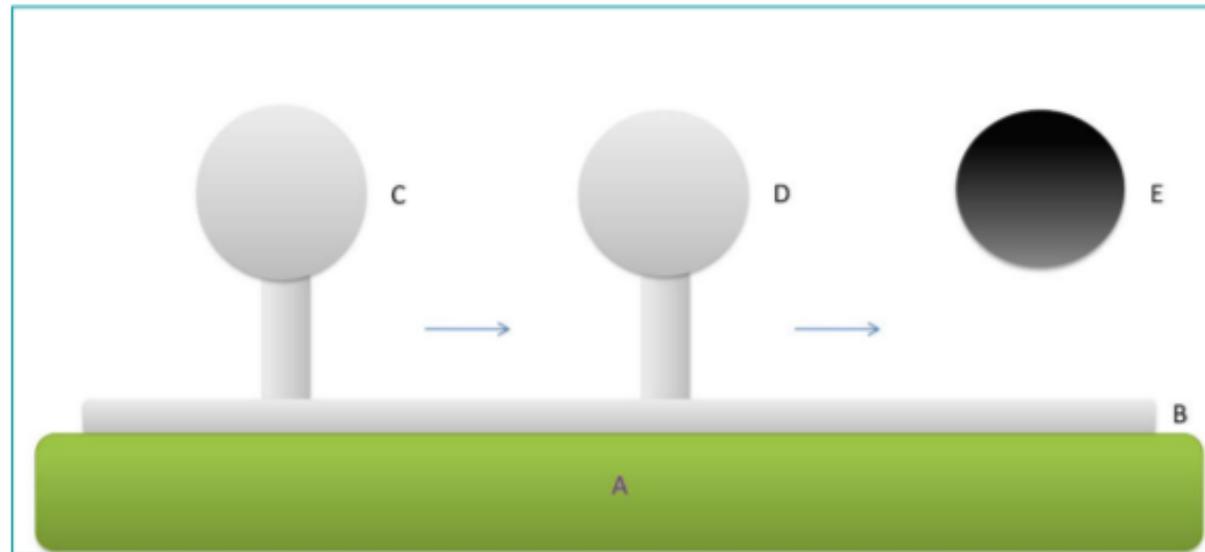
1900	CuOCl ₂	Especialmente <i>Phytophthora infestans</i>
1914	cloruro de fenilmercurio	Tratamiento de semillas de cereales
1932	Cu ₂ O	Enfermedades de semillas y foliares de amplio espectro
1934	Ditiocarbamatos patentados	protectores de amplio espectro
1940	Cloranil, diclona	Tratamiento de semillas de amplio espectro

FUENTE:

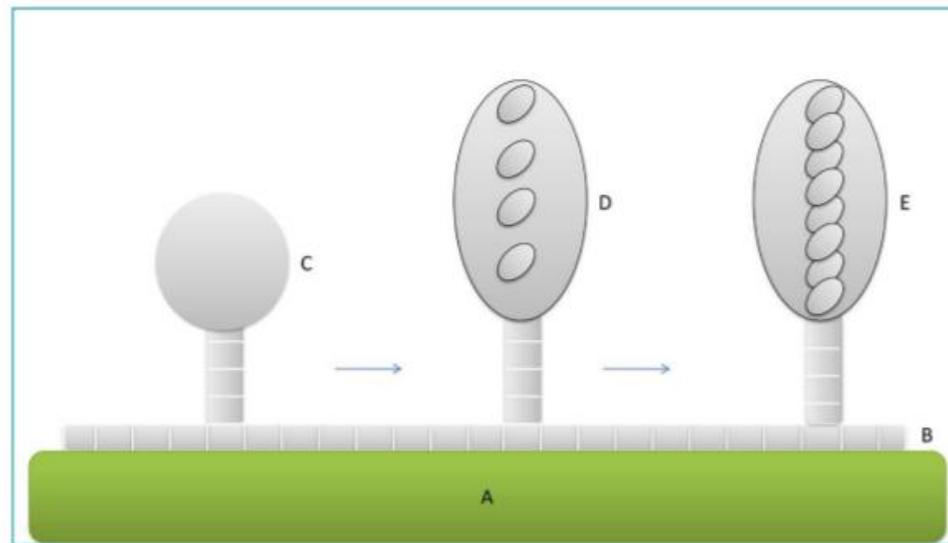
<https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/Fungicides.aspx>

CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

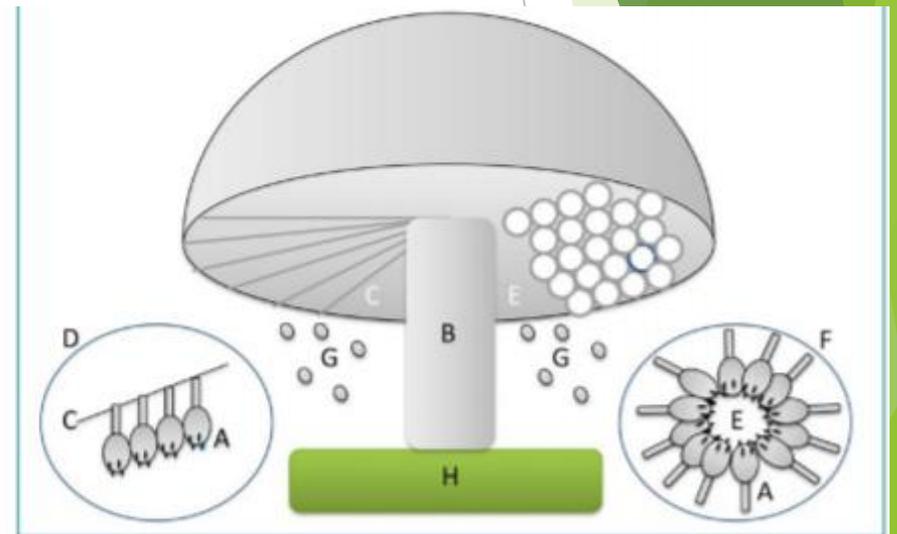
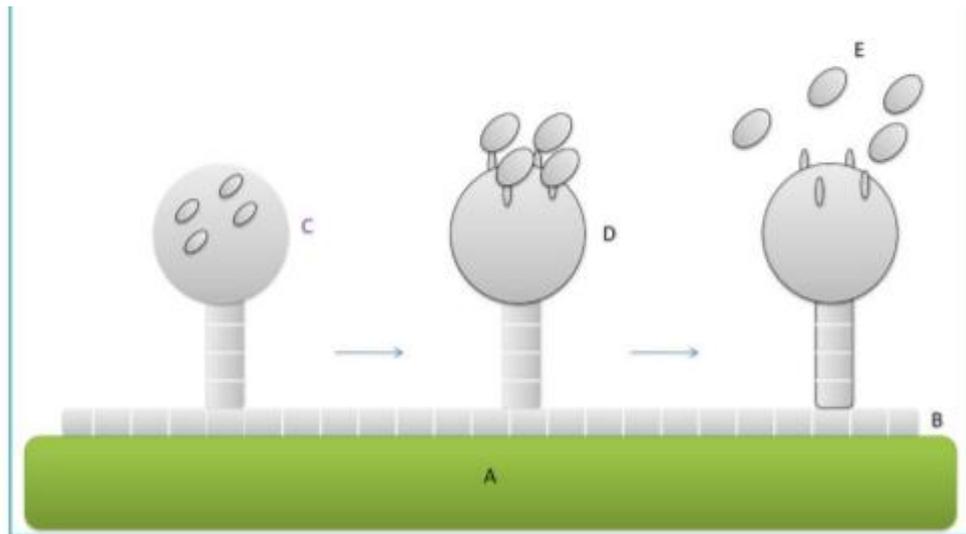
- ▶ **Zigomycetes:** no son capaces de sintetizar el ergosterol. Ocasionan necrosis: podredumbre húmeda en poscosecha (Rhizopus, Mucor). Poseen zigosporas (del griego zygos “yunque”+ sporá “semilla”): espora de reposo, de origen sexual que resulta de la fusión de dos gametangios



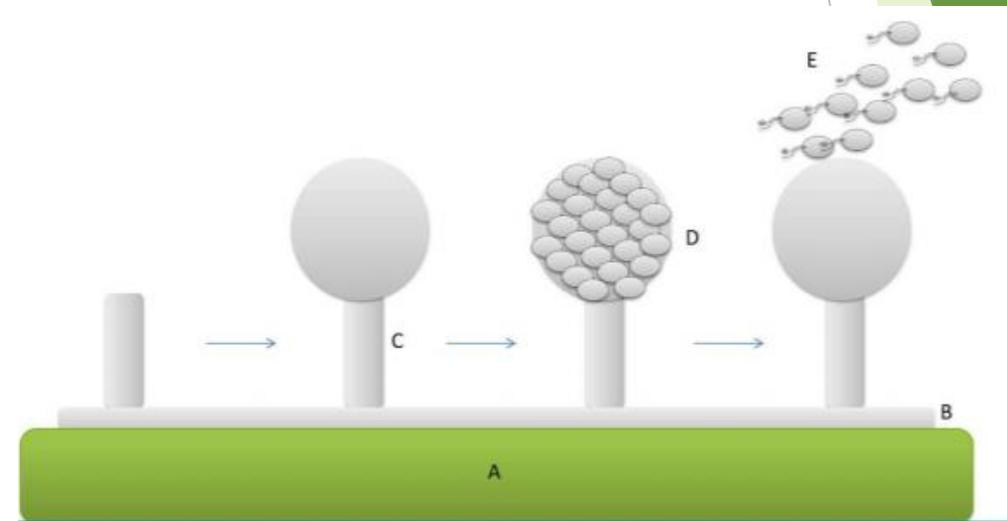
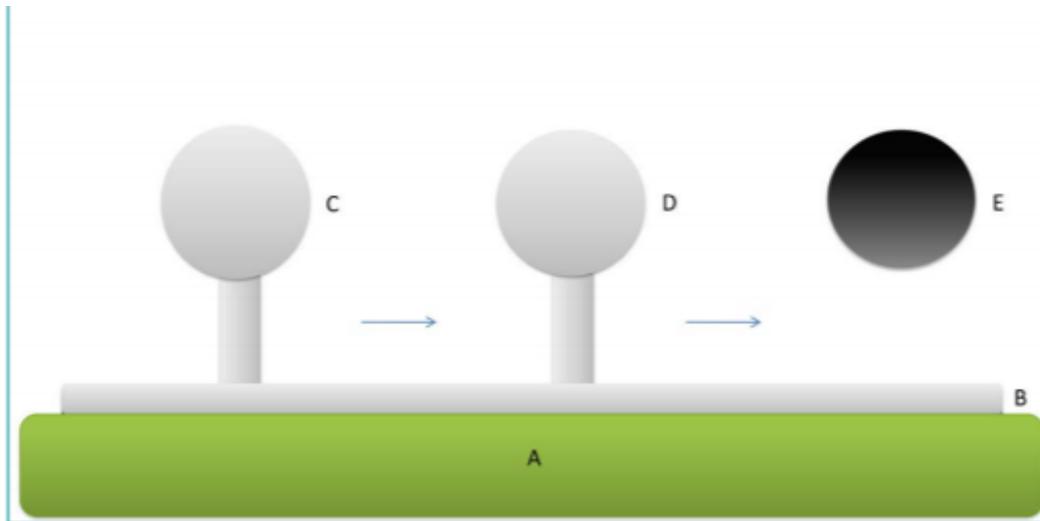
- ▶ *Ascomycetes y Basidiomycetes*: sintetizan el ergosterol
- ▶ Necrosis: podredumbres (*Sclerotinia*, *Gaeumannomyces*), cancro (*Diaporthe*), antracnosis (*Glomerella*),
- ▶ Manchas (*Phoma*, *Septoria*), tizón (*Septoria*), ausencia de órganos (*Claviceps*)
- ▶ Crecimiento modificado: agalla (*Cyttaria*), torsión y ampollado (*Taphrina*), sarna (*Venturia*),
- ▶ Menor Producción (oídios, *Blumeria*, *Erysiphe*, *Uncinula*)
- ▶ Color modificado: clorosis (*Capnodium*), pigmentación (*Taphrina*, *Glomerella*)
- ▶ Pérdida de turgencia: marchitamiento vascular (*Giberella*) y marchitez (*Gaeumannomyces*)



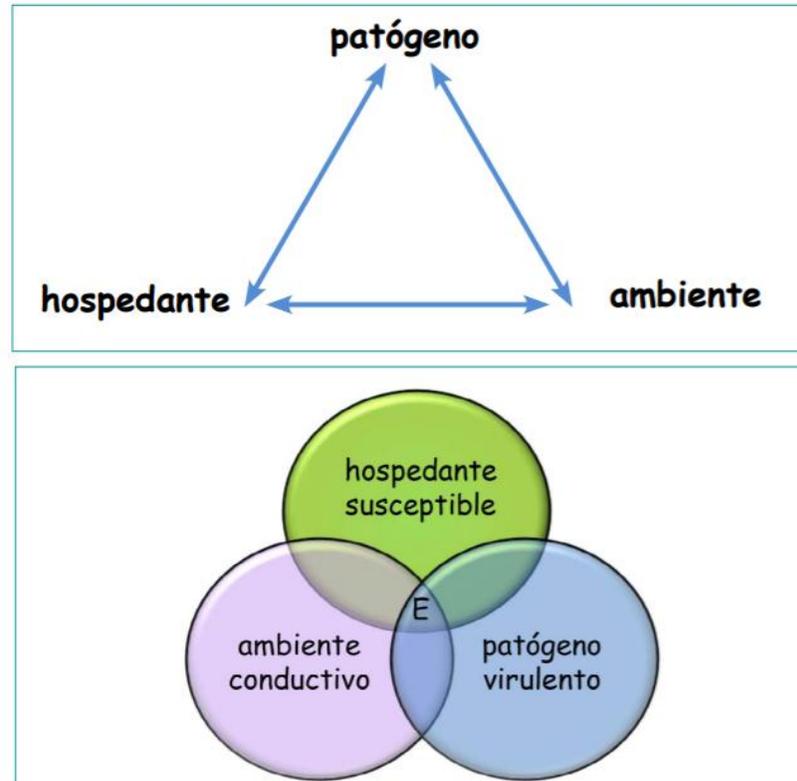
- ▶ Basidiomycota
- ▶ Necrosis: podredumbre seca de la madera (Ganoderma Polyporus, Fomes)
- ▶ Ausencia de órganos vegetales(carbónes: Sphaceloteca, Tilletia, Ustilago)
- ▶ Crecimiento modificado: menor producción (royas: Melampsora, Phakopsora, Phragmidium, Puccinia, Uromyces)



- ▶ Oomycetes: antes clasificados dentro de hongos.
- ▶ Actualmente se clasifican como Cromistas
- ▶ No tienen ergosterol
- ▶ Carecen de quitina y glucanos en la pared celular

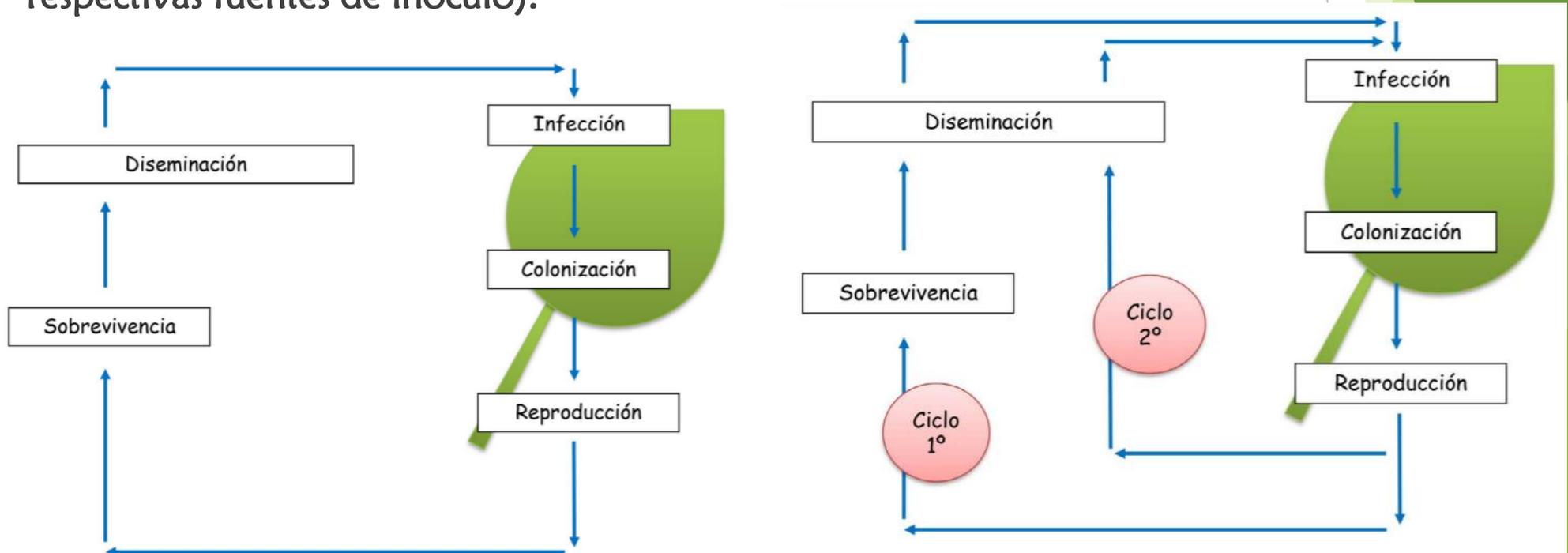


TRIÁNGULO DE PATOGENICIDAD- INTERACCIÓN DE FACTORES



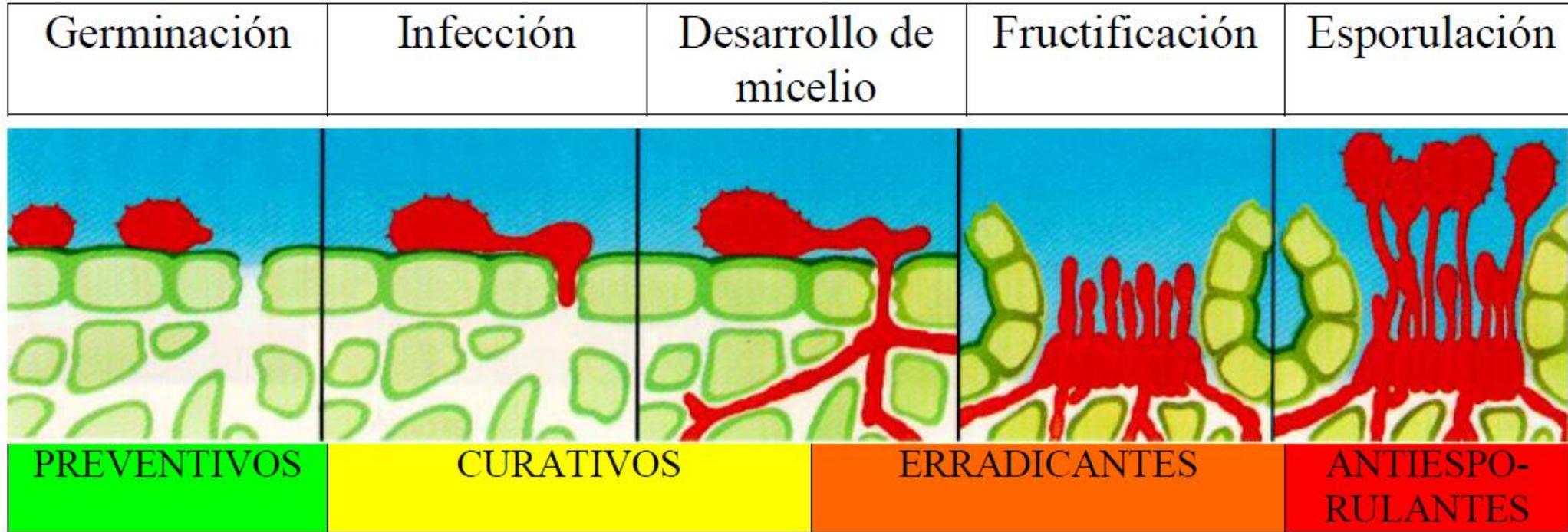
ENFERMEDAD

- ▶ Las enfermedades fúngicas son cíclicas
- ▶ Enfermedades monocíclicas son aquellas en las cuales las fases suceden una sola vez por ciclo del cultivo. Es decir, ocurre un solo ciclo de infección.
- ▶ Enfermedades policíclicas son aquellas en las cuales las etapas suceden más de una vez por ciclo del cultivo. Es decir, ocurre más de un ciclo de infección: uno primario y uno o más secundarios. En consecuencia, presentan dos tipos de inóculo: primario y secundario (con sus respectivas fuentes de inóculo).



RELACIÓN PATÓGENO-HOSPEDANTE

- ▶ **INFESTACIÓN/GERMINACIÓN:** patógeno está en estado latente (espora, conidio escleroto) y no afecta al hospedante, bajo condiciones climáticas favorables puede germinar y en principio se desarrolla sobre la superficie del hospedante hasta encontrar un punto de infección.
- ▶ **INFECCIÓN:** el patógeno atraviesa la epidermis del hospedante (herida o estoma) y comienza a alimentarse de los tejidos de la planta. A la infección sigue un período que dura entre tres días y hasta. En que el desarrollo es lento y los síntomas son casi imperceptibles. Casi siempre la manifestación de los síntomas va asociada con la última etapa.
- ▶ **FRUCTIFICACIÓN:** bajo condiciones favorables, el patógeno se desarrolla en el interior de la planta hasta fructificar y producir las esporas o conidios que dan lugar a una nueva generación del mismo.



FUNGICIDAS-CONCEPTOS

- ▶ **FUNGICIDA:** toda sustancia que se utiliza para matar o inhibir el desarrollo de los hongos y los Cromistas
- ▶ **FUNGICIDA PROPIAMENTE DICHO:** mata el hongo
- ▶ **FUNGISTÁTICO:** inhibe el desarrollo del hongo
- ▶ **GENESTÁTICO:** inhiben la esporulación

CLASIFICACIÓN DE LOS FUNGICIDAS

SEGÚN SU MOVIMIENTO O APLICACIÓN EN LA PLANTA

- ▶ **DE CONTACTO:** sin movimiento en la planta
- ▶ **MESOSTÉMICO:** o también llamados traslaminares, ingresan al mesófilo de la hoja
- ▶ **SISTÉMICOS:** se translocan en la planta. Son absorbidos por hojas y raíces, posteriormente se transportan mayormente por xilema de manera acrópeta, aunque también hay productos que se movilizan por floema

SEGÚN MOMENTO DE APLICACIÓN EN RELACIÓN A LA INFECCIÓN

- ▶ **PREVENTIVOS:** actúan antes de la llegada de la espora y pueden controlar durante la germinación y formación del apresorio. Impiden la penetración del patógeno en la superficie. Actúan de manera preventiva, con de contacto
- ▶ **CURATIVO:** actúan cuando el patógeno ya produjo la infección, pero los síntomas no son visibles. Penetran los tejidos vegetales. Son específicos
- ▶ **ERRADICANTES:** mata al hongo luego que se produjo la infección y luego que se manifestaron síntomas, evitando la esporulación

ANTIGERMINACIÓN DE ESPORAS



No se produce
la contaminación

INHIBICIÓN DE APRESORIOS



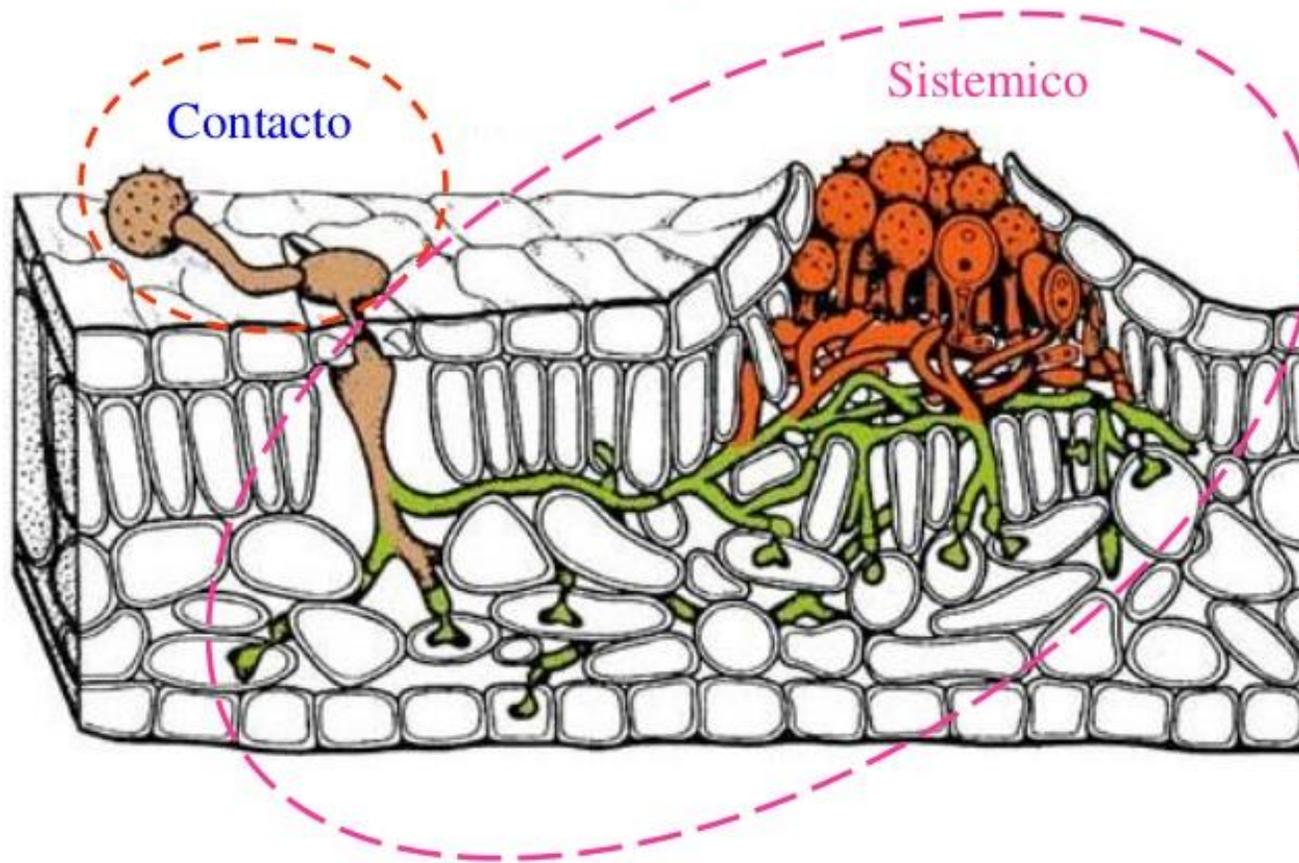
Impide que se
establezca el oídio

INHIBICIÓN DE HAUSTORIOS



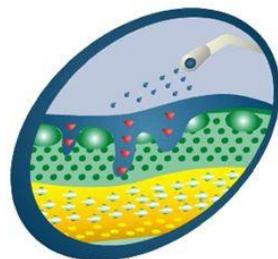
Impide la
progresión del hongo

Por su acción los fungicidas pueden ser:

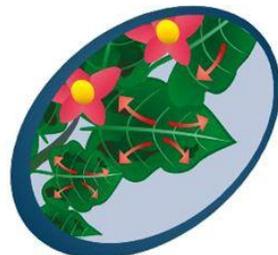


Así actúan los fungicidas

Curativos: "Secan" las manchas,
detienen la infección.



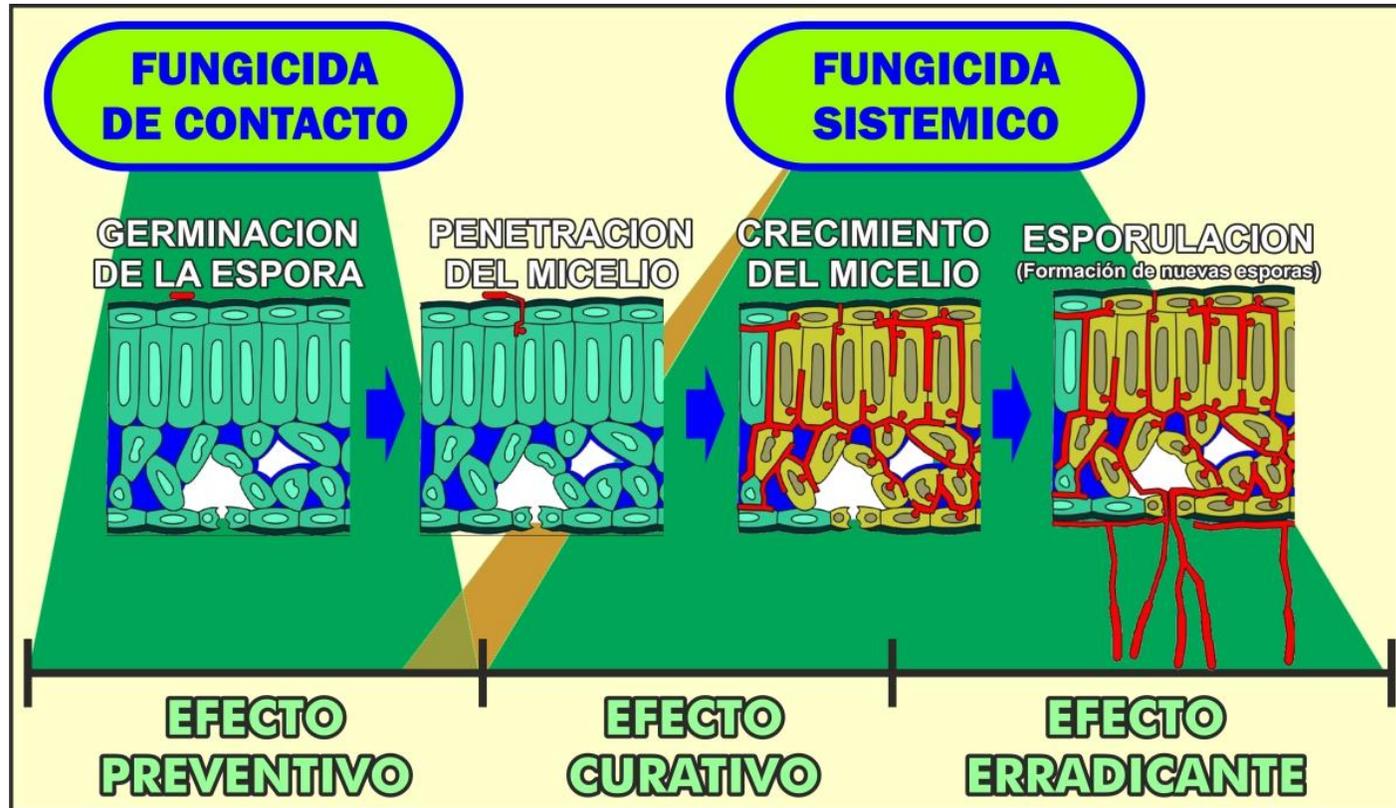
Penetra



Movimiento
Translaminar



Movimiento
Sistémico



EJEMPLOS

Preventivos de contacto (acción protectora)



Mancozeb (Manzate, Dithane, Vondozeb, Flonex)
Clorotalonilo (Daconil, Bravo, Clortosip)
Metiram (Polyram DF)
Famoxadona (Famoxate)
Maneb (Maneb)
Propineb (Antracol)
• Fluazinam (Shirlam flow, Omega)
• Fenitín acetato + Maneb (Maneb-tin, Brestan super)

Curativos/Preventivos de acción translaminar (sistemia localizada)



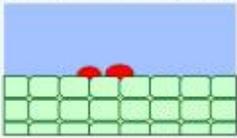
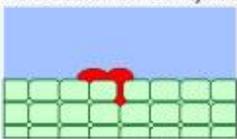
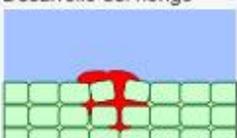
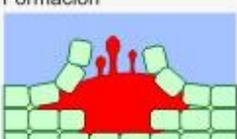
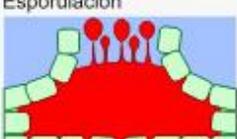
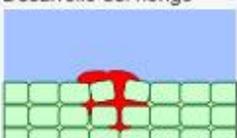
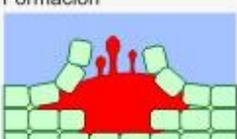
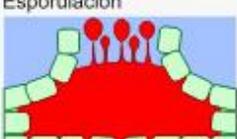
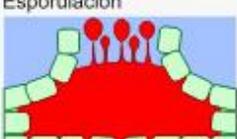
Cimoxanilo + Mancozeb (Curzate M72)
Cimoxanilo + Famoxadona (Equation Pro)
Cimoxanilo + Metiram (Aviso DF)
Dimetomorph + Mancozeb (Acrobat MZ)
Dimetomorph + Fenitín hidróxido (Solide)
Propamocarb + Mancozeb (Tattoo M)
Propamocarb (Previcur N)
Propamocarb + Clorotalonilo (Tattoo C)
Iprovalicarb + Propineb (Positron Duo)

Curativos/Preventivos de acción sistémica general



Metalaxilo + Mancozeb (Ridomil MZ72)
Mefenoxan (Ridomil Gold)
Mefenoxan + Mancozeb (Ridomil Gold MZ)
Fosetyl AJ (Alliette 80WP)
Fosetyl AJ + Mancozeb (Rhodax)
Oxidixilo + Propineb (Fruvit 66WP)
Azoxistrobina y otras estrobilurinas (Amistar)

Momentos de uso de los Fungicidas

		MOMENTO DE APLICACIÓN	ZONA DE ACTIVIDAD								
<p>Germinación de esporas</p> 	PREVENTIVO	Aplicar preventivamente en períodos de alto riesgo de enfermedad	Detiene la germinación de esporas en la superficie de la hoja para prevenir la infección								
<p>Penetración en los tejidos</p> 				<p>Desarrollo del hongo</p> 	CURATIVO	Aplicar en períodos de probable infección, antes de que los síntomas sean visibles	Detiene el desarrollo temprano del patógeno dentro de la planta	<p>Formación</p> 	<p>Esporulación</p> 	ERRADICANTE	Aplicar cuando se identifiquen los primeros síntomas de infección
<p>Desarrollo del hongo</p> 	CURATIVO	Aplicar en períodos de probable infección, antes de que los síntomas sean visibles	Detiene el desarrollo temprano del patógeno dentro de la planta								
<p>Formación</p> 				<p>Esporulación</p> 	ERRADICANTE	Aplicar cuando se identifiquen los primeros síntomas de infección	Evita el desarrollo cuando los síntomas de la enfermedad son visibles e impiden una mayor propagación				
<p>Esporulación</p> 	ERRADICANTE	Aplicar cuando se identifiquen los primeros síntomas de infección	Evita el desarrollo cuando los síntomas de la enfermedad son visibles e impiden una mayor propagación								

SITIO DE ACCIÓN

- ▶ Es el lugar o sitio a nivel celular en el que actúa el fungicida
- ▶ **MULTISITIO:** actúa en diferentes sitios de acción, éstos fungicidas son los que corren menores riesgos de generar resistencia. Ejemplos: Derivados del Cobre y Azufre
- ▶ **ACCIÓN SOBRE UN ÚNICO SITIO:** los fungicidas se unen a un único centro activo, la acción de estos es altamente específica. Ejemplo: todos los que no son derivados del Cobre y Azufre

CLASIFICACIÓN POR MODO DE ACCIÓN

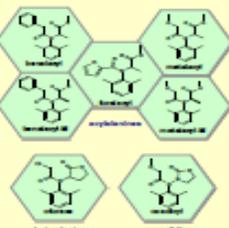
- ▶ A: INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE ÁCIDOS NUCLEICOS
- ▶ B: INHIBIDORES DE LA MITOSIS Y LA DIVISIÓN CELULAR
- ▶ C: INHIBIDORES DE LA RESPIRACIÓN
- ▶ D: INHIBIDORES DE LA SINTESIS DE AMINOÁCIDOS Y PROTEINAS
- ▶ E: INHIBIDORES DE LA TRANSDUCCIÓN DE LA SEÑALES
- ▶ F: INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE LÍPIDOS Y MEMBRANA
- ▶ G: INHIBIDORES DE LA BIOSÍNTESIS DEL ERGOSTEROL
- ▶ H: INHIBIDORES DE LA BIOSÍNTESIS DE LA PARED CELULAR
- ▶ I: INHIBEN LA SÍNTESIS DE MELANINA LA PARED CELULAR
- ▶ P: INDUCTORES DE LAS DEFENSAS EN LA PLANTA
- ▶ FUNGICIDAS DE ACTIVIDAD MULTISITIO
- ▶ FUNGICIDAS DE MECANISMO DE ACCIÓN DESCONOCIDO
- ▶ BM: biológicos con múltiples modos de acción

Mode of Action of Fungicides

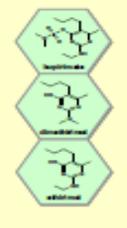
FRAC classification on mode of action 2018 (www.frac.info)

A: Nucleic Acids Metabolism

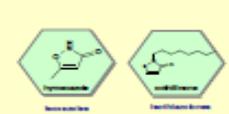
A1: RNA polymerase I
#4 Phthaloguanines (Phthaloguanines)



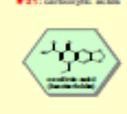
A2: adenosin-deaminase
#2 Isopyrazolo[1,5-a]pyridines



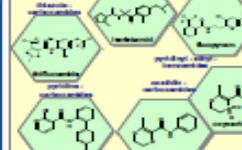
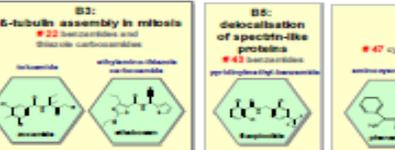
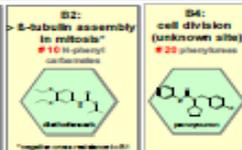
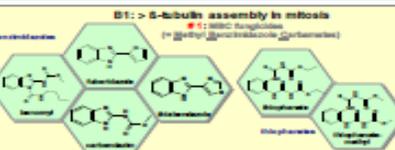
A3: DNA / RNA synthesis (prop.)
#32 Benzimidazole



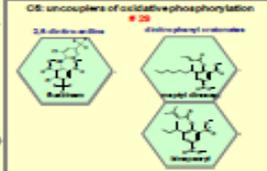
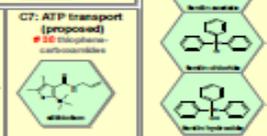
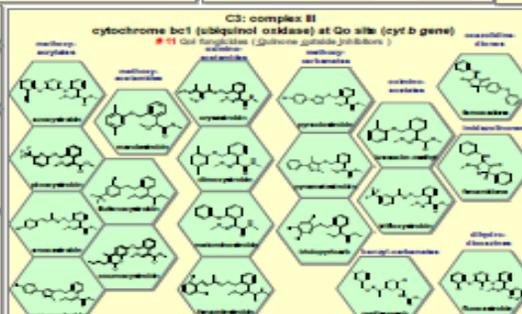
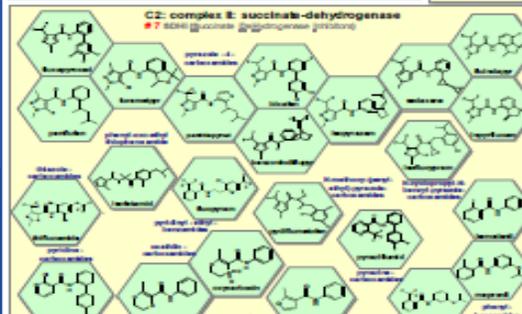
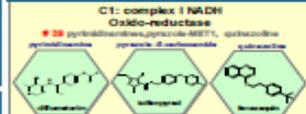
A4: DNA topoisomerase type II (gyrase)
#31 Carboxylic acids



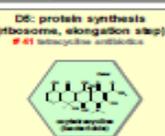
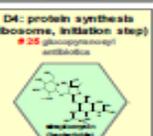
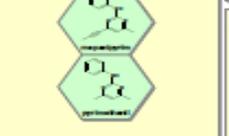
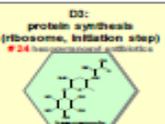
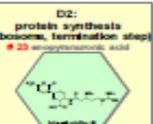
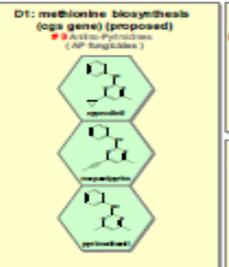
B: Cytoskeleton and Motor Proteins



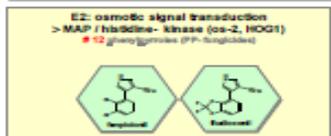
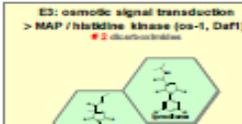
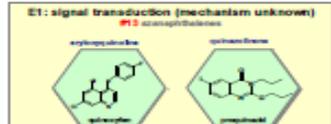
C: Respiration



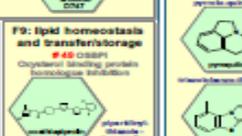
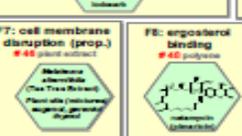
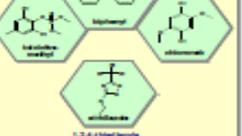
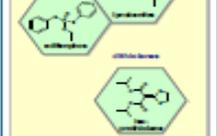
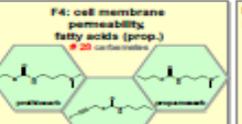
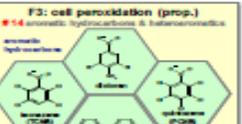
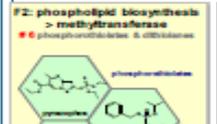
D: Amino Acid and Protein Synthesis



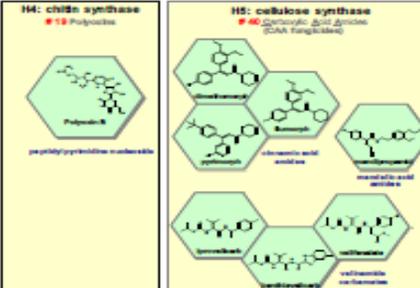
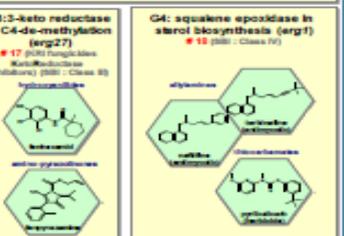
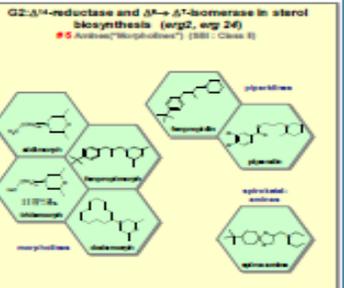
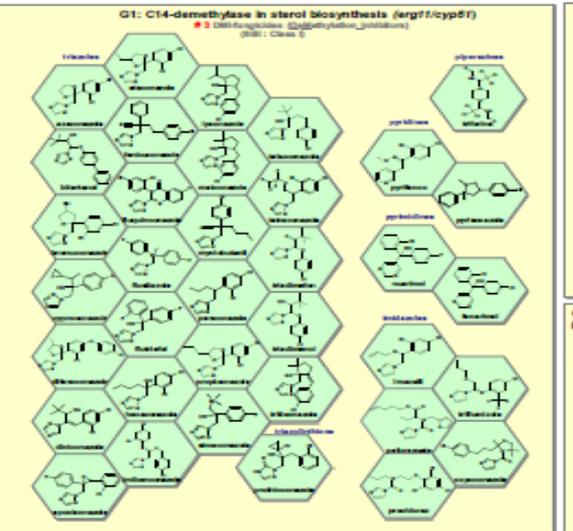
E: Signal Transduction



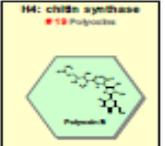
F: Lipid Synthesis or Transport / Membrane Integrity or Function



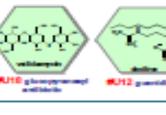
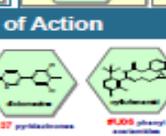
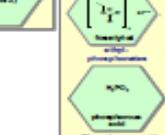
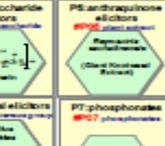
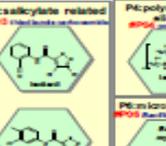
G: Sterol Biosynthesis in Membranes



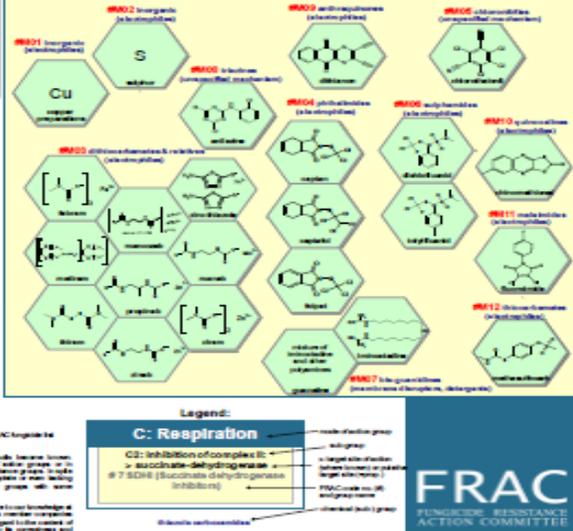
H: Cell Wall Biosynthesis

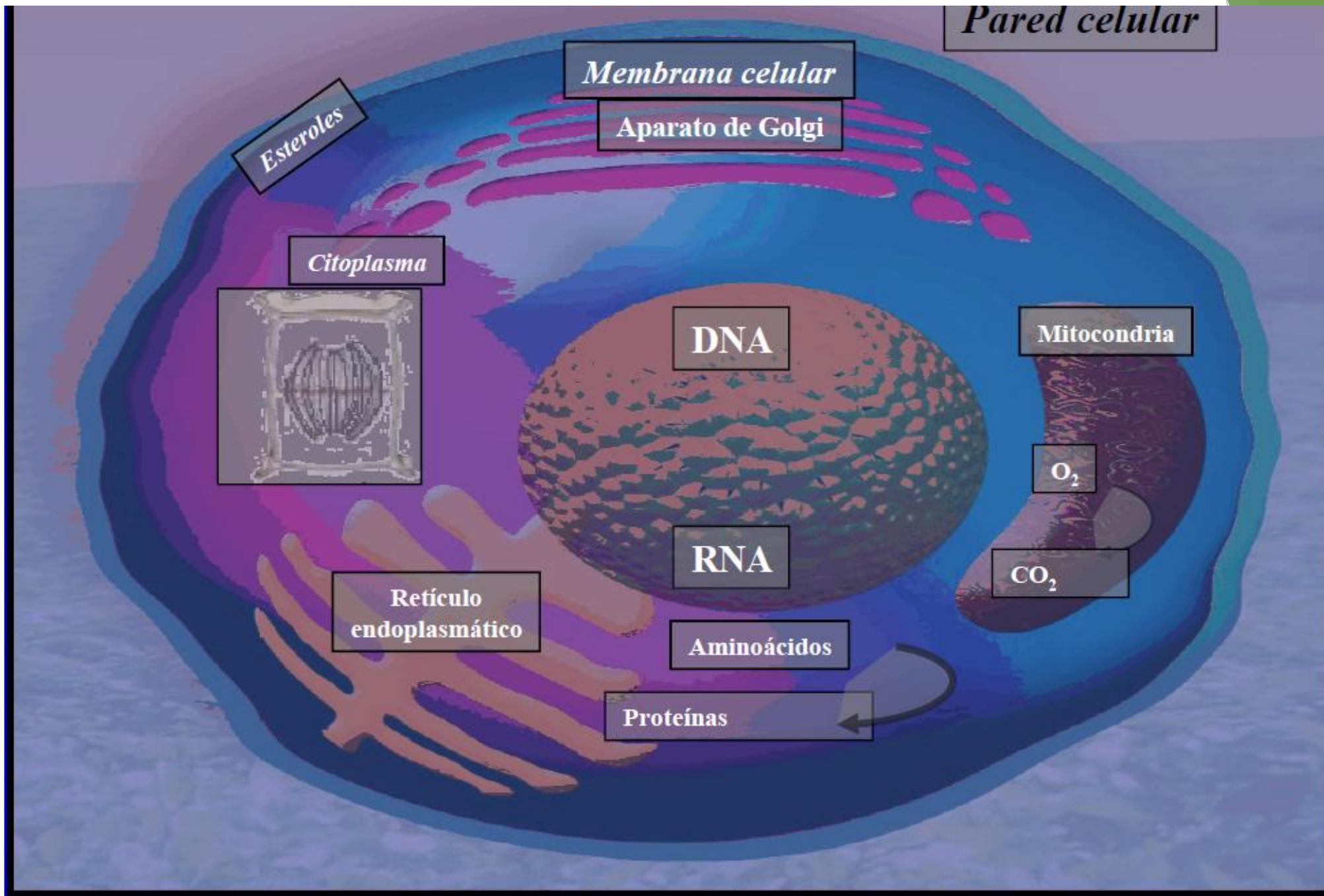


P: Host Plant Defence Induction



M: Chemicals with Multi-Site Activity



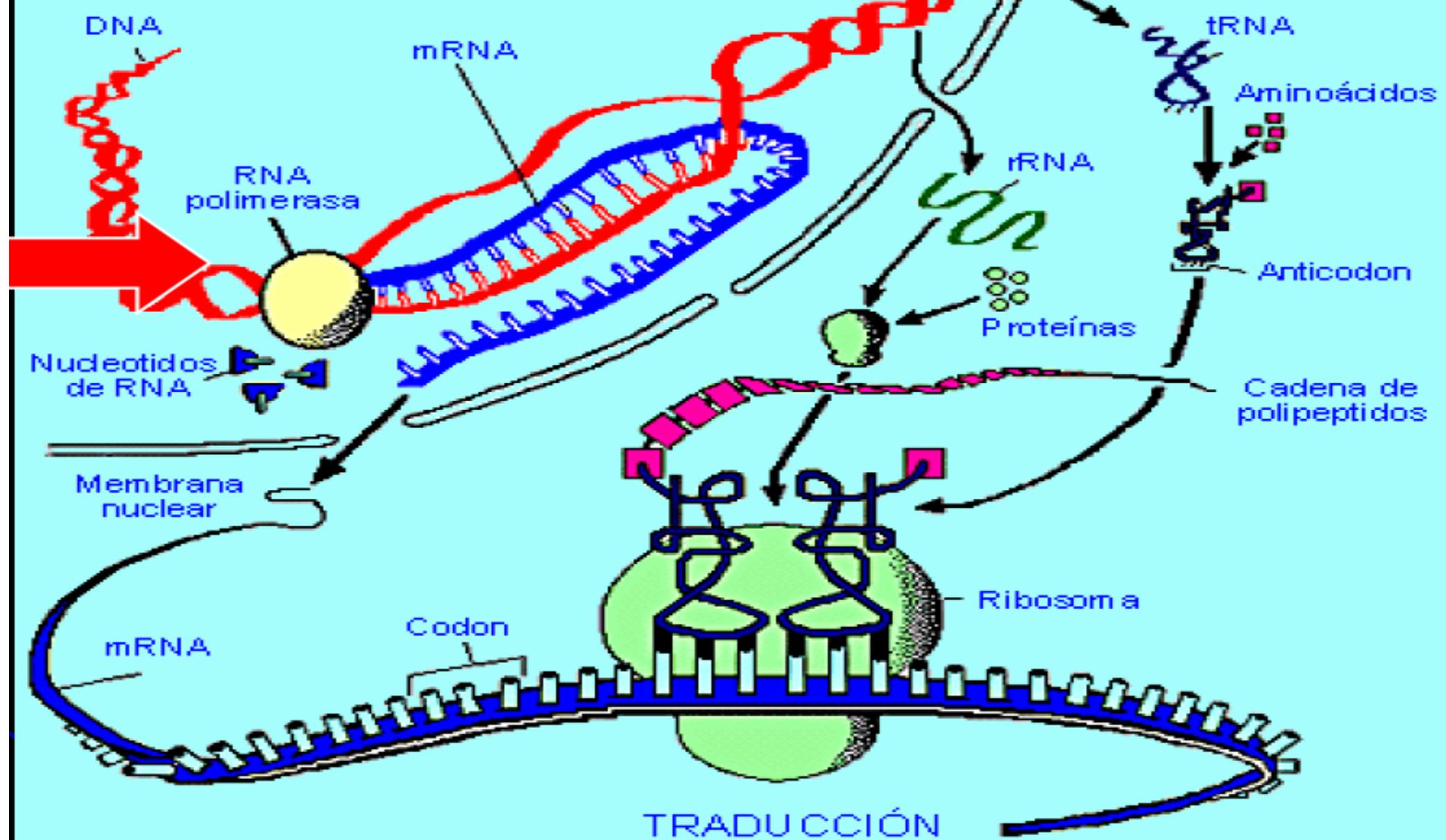


SÍNTESIS DE ÁCIDOS NUCLÉICOS

INHIBIDORES DE LA ARN POLIMERASA (A1 / 4)

- ▶ Afectan la síntesis del ADN y ARN, reduciendo la producción de enzimas como: la ARN polimerasa I, adenosin-deaminasa o la ADN topoisomerase
- ▶ Las Acilalaninas interactúan a nivel de la ARN polimerasa I, inhibiendo la incorporación de ribonucleótidos trifosfatos al ARN ribosómico
- ▶ Los ribosomas no pueden realizar la transcripción y, como consecuencia, no se forman proteínas en el patógeno, produciendo la interrupción del crecimiento y la reproducción
- ▶ Movimiento y acción: sistémicos por xilema (hay algún movimiento por floema). Son curativos
- ▶ Tiene acción específica contra Oomycetes
- ▶ Grupos químicos: Acilalaninas o Fenilamidas
- ▶ Ejemplos: Metalaxil (terápico para semillas); Benalaxil (para césped, ornamentales, papa, pimiento, tomate y vid) y Furalaxil (cultivos florales para el control de Peronospora y Pythium)

TRANSCRIPCIÓN



SÍNTESIS DE ÁCIDOS NUCLÉICOS

- ▶ *INHIBIDORES DE LA **ADENOSIN-DEAMINASA** (A2 / 8)*
- ▶ Impide la **formación de la purina en oidios**, que no tienen la capacidad de sintetizarla nuevamente
- ▶ Causan sobreexpresión de adenina fosforiltransferasa en mildiu, esta enzima, al encontrarse en exceso, **rompe el equilibrio del pool de nucleótidos**
- ▶ Se **hinhibe la elongación del tubo germinativo y de la formación de apresorios**, dando como resultado el crecimiento anormal del hongo y posterior muerte.
- ▶ Movimiento y acción: **translaminares y sistémicos por xilema**. Son preventivos y curativos
- ▶ Grupos químicos: Hidroxi (2-amino) pirimidinas o Pirimidinoles
- ▶ Ejemplos: Bupimirato (frutales de carozo y pepita, cucurbitáceas y rosales para controlar oidios ; Etirimol (hortalizas para control de mildius, antracnosis y oidios)

A. SÍNTESIS DE ÁCIDOS NUCLEICOS



Phenylamidas

Acylalaninas

Benalaxyl

Metalaxyl (mefenoxam)

Oxazolidinones

Oxadixyl

Heteroaromaticos

Isoxazoles

Hymexazoles

Ácidos carboxílicos

Ácido oxolinico

MITOSIS Y DIVISIÓN CELULAR

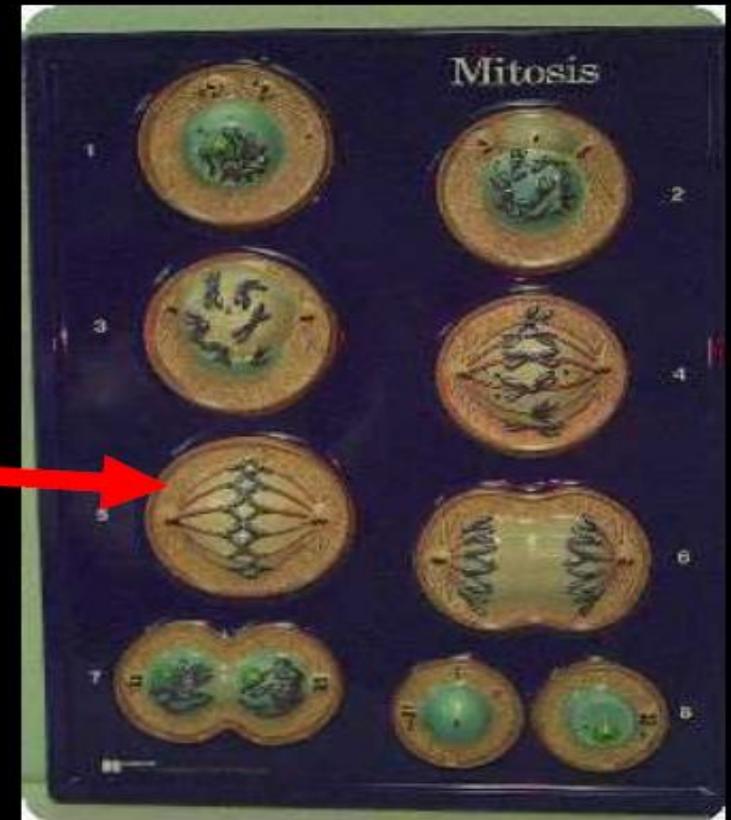
► PROTEÍNAS MOTORAS Y CITOESQUELETO

► Al afectar la tubulina se produce una alteración de esta afecta la mitosis a nivel de la metafase.

SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FAMILIAS QUÍMICAS	PRODUCTOS	PATÓGENOS
Ensamblaje de la β -tubulina en mitosis	De contacto- sistémico por xilema	BENCIMIDAZOLES TIOFANATOS	Benomil, Carbendazim, Tiabendazole Metil tiofanato	Ascomycetes y Basidiomycetes (solamente Rhizoctonia)- no posee acción en Oomycetes, Zigomycetes.
Ensamblaje de la β -tubulina en mitosis	De contacto- sistémico por xilema	FENILCARBAMATO	Dietofencarb	Botrytis cinerea
Ensamblaje de la β -tubulina en mitosis	De contacto- translaminar	BENZAMIDAS TIAZOL-CARBOXAMIDAS	Zoxamide y Ethoboxam	Oomycetes (Phytophthora infestans)
División celular (sitio desconocido)	De contacto	FENILUREAS	Penycuron	Rhizoctonia solani
Deslocalización de proteínas tipo espectrina	Sistémico por xilema- translaminar	BENZAMIDAS	Fluopicolide	Oomycetes, mildius y algunos Pythium

Benzimidazoles y Tiofanatos

- Inhiben síntesis de tubulina en la mitosis celular
- Amplio espectro de acción: *Verticillium*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Cercospora*.
- No ejerce acción contra Oomycetos ni contra hongos pertenecientes a los porosporae como *Alternaria*, *Stemphylium*, *Ulocladium*, *Drechslera*.



FUNGICIDAS GRUPO A

Afectan a la síntesis de los ácidos nucleicos

FENILAMIDAS (Fungidas PA)
Inhiben la RNA polimerasa. Actúan contra *Dematiomycetes*.

A1

ACILANANINAS **OXAZOLIDINONAS**

BUTIROLACTONAS

HIDROXI-PIRIMIDINAS
Inhiben la ADN polimerasa. Actúan contra *Ascomycetes*.

A2

HETEROAROMÁTICOS
Inhiben la síntesis del RNA y el DNA. Actúan contra *Basidiomycetes*.

A3

ACIDOS CARBOXILICOS
Actúan contra *Basidiomycetes*.

A4

FUNGICIDAS GRUPO B

Afectan a la mitosis y a la división celular

METIL BENZIMIDAZOL CARBAMATOS (Fungidas MBC)
Inhiben el ensamblaje de la 2 subunidad. Actúan contra hongos ascomicetos.

B1

BENZIMIDAZOLES

N-FENIL CARBAMATOS
Inhiben el ensamblaje de la 2 subunidad. Actúan contra hongos ascomicetos.

B2

BENZAMIDAS Y TIAZOLCARBOXAMIDAS
Inhiben el ensamblaje de la 2 subunidad. Actúan contra *Dematiomycetes*.

B3

TIOFANATOS

FENILUREAS
Inhiben la división celular. Actúan contra hongos ascomicetos.

B4

BENZAMIDAS
Desdoblamiento de los organelos celulares. Actúan contra *Dematiomycetes*.

B5

FUNGICIDAS GRUPO C

Afectan a la respiración celular

FRANCOISANINAS Y PIRAZOLES METIL

INHIBIDORES INTERNOS DE LA QUINONA (Fungidas QI)

DESACOPADORES DE LA FOSFORILACION OXIDATIVA

INHIBIDORES DE LA SUCCINATO DEHIDROGENASA (Fungidas SDHI)

INHIBIDORES DE LA QUINONA EXTERNOS (Fungidas QE)

COMPUUESTOS ORGANICOS DE SULFURO

ANTIBIOTICOS FUNGICIDAS

ANTIBIOTICOS BACTERICIDAS Y BACTERICIDAS

ANTIBIOTICOS BACTERICIDAS

FUNGICIDAS GRUPO D

Afectan a la síntesis de aminoácidos o proteínas

ANILINO PIRIMIDINAS (Fungidas AP)
Se cree que interfieren en la síntesis del aminoácido metionina. Actúan contra hongos ascomicetos.

D1

ANTIBIOTICOS FUNGICIDAS

D2

ANTIBIOTICOS BACTERICIDAS Y BACTERICIDAS

D3

ANTIBIOTICOS BACTERICIDAS

D4

D5

B. MITOSIS Y DIVISIÓN CELULAR



MBC

Benzimidazoles

Benomyl

Carbendazim ⊕

Thiabendazole

Thiophanatos

Thiophanate

Methyl thiophanate

Phenylcarbamatos

Diethofencarb

Benzamidas

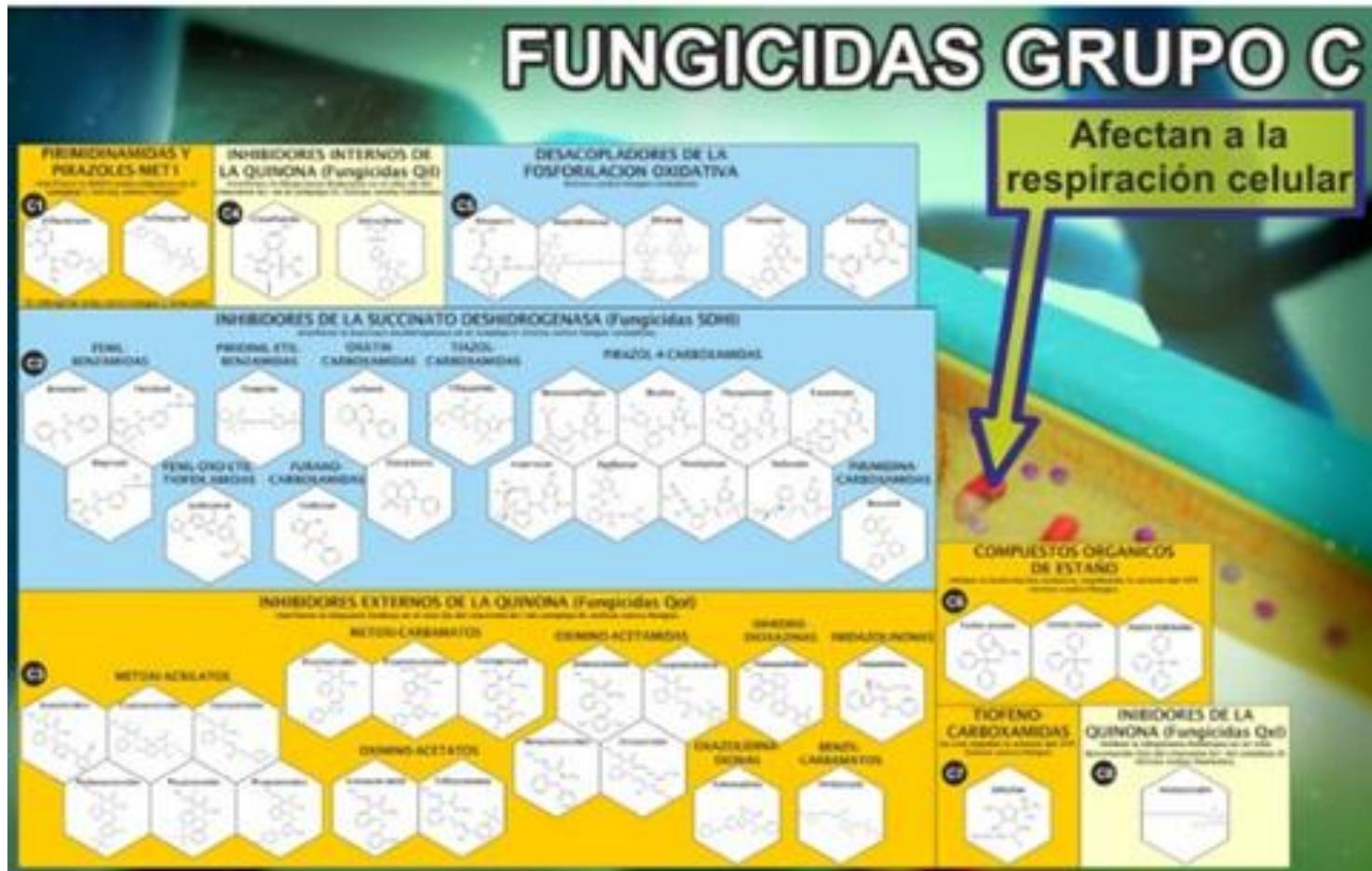
Zozamide

Phenylureas

Pencycuron ⊕

INHIBIDORES DE LA RESPIRACIÓN

- ▶ **INHIBICIÓN MITOCONDRIAL DE LA RESPIRACIÓN CELULAR:** proceso oxidativo que conserva la energía liberada por el catabolismo de las moléculas tales como carbohidratos a través de la producción de ATP y de ADP.



SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FAMILIAS QUÍMICAS	PRODUCTOS	PATÓGENOS
Complejo II: succinato deshidrogenasa	Sistémicos	OXATIN-CARBOXAMIDAS PIRIDIN-CARBOXAMIDAS PIRIDINIL-ETIL-BENZAMIDAS PIRIDIN-CARBOXAMIDAS	Carboxin, oxicarboxin Benzovindiflupyr, boscalid Fluopyran, Isopyrazam, penflufen y sedaxane Pydiflumetofab	Basidiomycetes, Zigomycetes, Ascomycetes y Oomycetes
Complejo III: citocromo bc1 (ubiquinol oxidasa) en el sitio Qo (gen cit b)	De contacto y translaminar	ESTROBILURINAS (Metoxi-acrilatos) Metoxi-carbamatos Oximinoacetatos Oxazolidinonas	Azoxistrobin, Dimoxistrobin, pícoxistrobin, Pyraoxystrobin Pyraclostrobin Kresomin-metil y Trifloxistrobin. Fluoxastrobin y metominostrobin	Ascomycetes, Basidiomycetes, algunos Oomycetes

SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIEN TO	FAMILIAS QUÍMICAS	PRODUCTOS	PATÓGENOS
Desacopladores de la fosforilación oxidativa	De contacto	FENILPIRIMIDINA	Fluazinam	Oomycetes (Phytophthora, Plasmopara), Ascomycetes (Venturia, Botrytits) Basidiomycetes (Rhizoctonia)
Complejo III: citocromo bc1 (ubiquinona reductasa) en el sitio Qi	Translaminar	CIANOIMIDAZOL	Cyanofamid	Algunos Ascomycetes y Oomycetes
Complejo III: citocromo bc1 (ubiquinona reductasa) en el sitio Qo, sub sitio de unión de Estigmatelina	Sistémica	TRIAZOL- PIRIMIDILAMINA	Ametoctradin	Oomycetes

C. RESPIRACIÓN



C1: Pirimidinaminas
Pirimidinaminas

Diflumetorim

C2: Carboxamidas

Carboxin, Fenfuram, Mepronil

C3: Qols (estrobilurinas)

Methoxyacrylates

Azoxystrobin, Pycoxystrobin

Methoxycarbamatos

Pyraclostrobin, Trifloxystrobin

Fenamidona

C4: Qils

Cyanoimidazole

Cyazofamid

C5: Desacople de fosforilación oxidativa

Dinitroanilinas

Fluazinam

C6: Inhibidores de fosforilación oxidativa

Fentim acetate

C7: Producción de ATP

Thiophenecarboxamides

SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS

Inhiben la biosíntesis de la metionina (gen *cgs*) y la secreción de enzimas, involucradas en el traslado de la información contenida en el ARN en la síntesis de una secuencia de aminoácidos.

SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FAMILIAS QCAS.	PRODUCTO	PATÓGENO
Biosíntesis de la metionina	translaminares	ANILINO-PIRIMIDINAS	Cyprodinil y Pirimetanil	Ascomycetes
Síntesis de proteína (ribosoma, paso de iniciación)	Sistémica	HEXOPIRANOSIL-GLUCOPIRANOSIL	Estreptomicina Kasugamicina	Antibióticos (bactericida)
Síntesis de proteína (ribosoma, fase elongación)	Sistémica	TETRACICLINAS	Oxitetraciclina	Bactericida

D. SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS



Anilopirimidinas

Pyrimethanil 

Cyprodinil

Mepanipyrim

Ácido enopyranuronico

Blasticidin-S (antibiótico)

Hexopyranosyl

Kasugamycin (antibiótico)

Glucopyranosyl

Streptomycin (antibiótico)

TRANSDUCCIÓN DE SEÑALES

- ▶ Lo forman sustancias que alteran la transducción de señales, inhibiendo los mecanismos metabólicos que permiten a la célula adaptarse a su entorno. MAP/histidina-quinasa en la transducción de señales osmótica (OS-2, HOG1)

SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FLIAS. QCAS.	PRODUCTOS	PATÓGENO
Señal de trasducción (mec. Desconocido)	Fase vapor- lento movimiento floema/xilema	QUINOLINA	Quinoxifen	Ascomycete (Oidio)
MAP/histidina-quinasa en la transducción de señal osmótica	De contacto	FENILPIRROLES	Fludioxinil	Ascomycetes y como curasemillas Basidiomycetes
MAP/histidina-quinasa en la transducción de señal osmótica	De contacto, sistémico (Procimidone)	DICARBOXAMIDA	Vinclozolin, Iprodione y Procimidone	Ascomycetes y Basidiomycetes

FUNGICIDAS GRUPO E

Afectan a la trasducción de señales

AZA-NAFALLENOS
Interfieren la trasducción de señales; pero el mecanismo es desconocido. Activos contra Hongos verdaderos.

E1

Quinoxifen Proquinad

FENILPIRROLES (Fungicidas PP)
Interfieren la trasducción de la señal osmótica. Activos contra hongos verdaderos.

E2

Fenpiclonil Fludioxonil

DICARBOXIMIDAS
Interfieren la trasducción de la señal osmótica. Activos contra hongos verdaderos.

E3

Clozoximato Iprodiona Proclimidona Vinclozolina

FUNGICIDAS GRUPO F

Afectan a la síntesis de lípidos y membranas

MICROBIOLÓGICOS
Disruptores de la membrana celular. Activos contra Hongos verdaderos.

F6

Bacillus amyloliquefaciens (B. subtilis)

CARBAMATOS
Alteran la permeabilidad de la membrana, lo que se alcanza sobre los ácidos grasos. Activos contra Oomycetes.

F4

Indoxacarb Propiconazole Prothioconazole

DERIVADOS AROMÁTICOS
Se cree que actúan perturbando la síntesis. Activos contra Hongos verdaderos.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS (Fungicidas AH)

F3

Bifentioz Clomefen Deltamethrin

Quintozene Tetraconazole Trifluorometil

HETEROAROMÁTICOS

F2

Esterilant

FOSFOROTIOLATOS Y DITIOLANOS
Interfieren en la síntesis de los fosfolípidos. Activos contra Hongos verdaderos.

Ebitol Iprodione Proazoxystrobin Isoprothiolane

FUNGICIDAS GRUPO G

Afectan a la biosíntesis del ergosterol

SBI Clase I. INHIBIDORES DE LA DEMETILACIÓN (Fungicidas DMI)
Interfieren en la síntesis de ergosterol. Activos contra Hongos verdaderos.

G1

TRIAZÓLES **PIRIDINAS** **PIRIMIDINAS**

SBI Clase II. AMINAS
Interfieren en la síntesis de ergosterol. Activos contra Hongos verdaderos.

G2

MORFOLINAS

SBI Clase III. INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE ERGOSTEROL
Interfieren en la síntesis de ergosterol. Activos contra Hongos verdaderos.

G3

HIDROANILINAS

SBI Clase IV. INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE ERGOSTEROL
Interfieren en la síntesis de ergosterol. Activos contra Hongos verdaderos.

G4

AMINO PALCOPIRINAS **TRICARBAMATOS**

FUNGICIDAS GRUPO H

Afectan a la biosíntesis de la pared celular

ANTIBIÓTICOS FUNGICIDAS
Inhiben la síntesis de la Teicoplanina. Activos contra Hongos verdaderos.

H3

Valdimicina

POLIOXINAS
Interfieren la síntesis de Quitina. Activos contra Hongos verdaderos.

H4

Polioxina B

AMIDAS DE LOS ACIDOS CARBOXILICOS (Fungicidas CAA)
Interfieren la síntesis de la celulosa. Activos contra Oomycetes.

H5

AMIDAS DEL ACIDO CINAMICO **VALINAMIDA CARBAMATOS**

Dimetomorf Benlatecarb Iprrodione

Flusilab Pirimorf Valifenaxol

AMIDAS DEL ACIDO MANDELICO

Mandipropamid

E. TRANSDUCTION DE SEÑALES

Quinolinas

Quinoxifen

Phenylpyrroles

Fenpiclonil

Fludioxonil

Dicarboximides

Iprodione 

Vinclozolin



TRANSPORTE O SÍNTESIS DE LÍPIDOS/FUNCIÓN O INTEGRIDAD DE LA MEMBRANA.

- ▶ Alteran la síntesis de los lípidos y la integridad de las membranas celulares. Actúan sobre la permeabilidad de la membrana afectando la formación de glicolípidos



SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FLIA. QCA.	PRODUCTO	PATÓGENO
Síntesis de lípidos o transporte/ integridad o función de la membrana	Sistémico	FOSFOROTIOLATOS	Pyrazofos	Ascomycetes
Peroxidación de lípidos	De contacto y algunos fase vapor	HIDROCARBUROS AROMÁTICOS	Toclofos-metil, Dicloran, Etridiazol y PNCB	Basidiomycetes, Zygomycetes y Ascomycetes, Oomycetes (Etriazol)
Permeabilidad de la membrana, inh. Formación ac. grasos	Sistémico	CARBAMATOS	Propamocarb	Oomycetes
Disruptores de membrana celular del patógeno	De contacto	BIOFUNGICIDA	<i>Bacillus subtilis</i>	Ascomycetes, Oomycetes y Basidiomycetes
Disruptores de la membrana celular	Translaminar	VEGETAL	Aceite de árbol de té	Ascomycetes, Oomycetes
Homeostasis y transferencia/ almacenamiento de lípidos	Tranlaminar y sistémico	ISOXAZOLINA	Oxathiapiprolin	Oomycetes

F. SÍNTESIS DE LÍPIDOS Y MEMBRANAS



**Formalmente
Dicarboximidias**

Phosphorothiolatos

Edifenphos, iprobenfos
Pyrazophos

Dithiolanos

Isoprothiolane

Hidrocarbonos aromáticos

Biphenyl, Chloroneb
Dicloran, Quintozene (PCNB)

Heteroaromáticos

Etridiazole

Carbamatos

Iodocarb, Prothiocarb
Propamocarb



BIOSÍNTESIS DEL ESTEROL EN LA MEMBRANA

- Inhibidores de enzimas o procesos enzimáticos en la biosíntesis del esterol. Los Esteroles están localizados en las membranas celulares de algunos hongos (Ascomicetos y Basidiomicetos, y no en Bacterias ni Oomicetos) y le confieren estabilidad y control de la permeabilidad.



SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FLIA. QCA.	PRODUCTO	PATÓGENO
C-14 demetilasa en biosíntesis de esterol, inh. De la demetilación	Sistémicos	PIPERAZINAS PIRIMIDINAS IMIDAZOLES TRIAZOLES	Triformine Fenerimol Imazalil y Procloraz Ciproconazole. Defenoconazole, Diniconazole, Epoconazole, Fenbuconazole, Fluquinconazole, Flusilazole, Flutriafol, hexaconazole, Ipconazole, Tebuconazole, Penconazole	Ascomycetes Ascomycetes Ascomycotas Basidiomycetes y Ascomycetes
Δ 14-reductasa y Δ 8 \rightarrow 7-isomerasa. Aminas	Sistémico y de contacto	MORFOLINAS	Tridemorf	Ascomycetes
3-ceto reductasa, C4 demetilación	Sistémico	HIDRIXIANILINAS	Fenhexamid	Ascomycetes

G. BIOSÍNTESIS DE ESTEROL EN MEMBRANAS



Inhibidores de dimethylación (DMI's)

- Triazoles 
- Imidazoles 
- Pyrimidinas
- Piperazinas

Aminas (Morfolinas)

- Morfolinas
- Piperidinas
- Spiroketaminas 

Hydroxylanilidas

Fenhexamid

SBI clase IV

- Thiocarbamatos
- Allylaminas

BIOSÍNTESIS DE LA PARED CELULAR

- ▶ Impiden la fijación de glucosamina a la quitina dentro de las paredes celulares.
- ▶ El glucano es el componente estructural mayoritario de las paredes celulares fúngicas; la inhibición de este, ocasiona un colapso en la integridad de la pared celular.

SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FLIA. QCA.	PRODUCTO	PATÓGENO
Celulosa sintasa	Translaminar y sistémico	AMIDAS DEL ÁCIDO CINÁMICO	Dimetomorph	Oomycetes (exc.Pythium)
		VALINOMIDA CARBAMATOS	Iprovalicarb	Oomycetes
		AMIDAS DEL ÁCIDO MANDÉLICO	Mandipropamid	Oomycetes

INDUCCIÓN DE LAS DEFENSAS EN LA PLANTA HUESPED

- ▶ El efecto que producen en la planta huésped es el de aumentar las defensas naturales en las plantas (fitoalexinas) minimizando la posibilidad de aparición de cepas resistentes

SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FLIA. QCA.	PRODUCTO	PATÓGENO
No se conoce el sitio de acción	Sistémico	ETILFOSFONATOS	Fosetil aluminio	Oomycetes

FUNGICIDAS GRUPO P

Inducen las defensas de los vegetales

BENZO-TIAZOLES

Activan la ruta del Acido Salicilico.
Activos contra Hongos

P1

Acibenzolar-S-metil

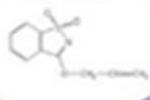


BENZISO-TIAZOLES

Activos contra Hongos y Bacterias

P2

Probenazol

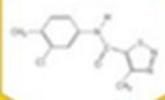


TIADIZOL-CARBOXAMIDAS

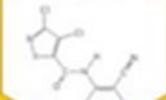
Activos contra Hongos.

P3

Tiadinil



Isotianil

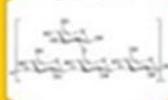


POLISACARIDOS

Activos contra Hongos

P4

Laminarin



EXTRACTOS VEGETALES

Activos contra Hongos

P5

Extracto de *Reynoutria sachalinensis*



MULTISITIOS

- ▶ Estos compuestos se encuentran dentro de los fungicidas más antiguos conocidos por el hombre.
- ▶ Se asocian con la inhibición de la respiración, la precipitación de las proteínas y sobre todo con la unión y la inactivación de enzimas (grupos sulfidrilo y amino)



SITIO DE ACCIÓN	MOVIMIENTO	FLIA. QCA.	PRODUCTO	PATÓGENO
Multisitios	Contacto	CÚPRICOS	Caldo bordelés, Oxicloruro de cobre, Óxido cuproso, Hidróxido de cobre, Sulfato de cobre pentahidratado	Amplios espectro(salvo oidios) bactericidas
Multisitios	Contacto, vapor	AZUFRADOS	Polisulfuro de calcio, azufre humectable	Ascomycetes, acaricidas
Multisitios	De contacto	DITIOCARBAMATOS	Mancozeb, Ferbam, Maneb, Metiram, Propineb, Tiram, Zineb, Ziram	Oomycetes, Ascomycetes
Multisitios	De contacto	FTALAMIDAS	Captan, Folpet	Ascomycetes, Basidiomytes
Multisitios	De contacto	CLORONITRILOS	Clorotalonil	Ascomycetes
Multisitios	De contacto	SULFAMIDAS	Tolifluanid	Oomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes y Ácaros
Multisitios	De contacto	QUINONAS	Ditianón	Ascomycetes

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Arregui, M y E. Puricelli. 2018. Mecanismos de acción de plaguicidas. 4° ed. Rosario
- ▶ FCA Y F- UNLP. Criterios para la selección de Fungicidas para el control de Enfermedades.
- ▶ <https://frac-argentina.org>
- ▶ Rivera, M y E. Wright. 2020. Apuntes de patología vegetal: fundamentos y prácticas para la salud de las plantas. 1° ed. Facultad de Agronomía-UBA