

INSECTICIDAS

MODOS Y MECANISMOS DE ACCIÓN
CÁTEDRA DE PROTECCIÓN VEGETAL- FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS- UNJu



MODO Y MECANISMO DE ACCIÓN

- **Modo de acción:** se refiere al proceso afectado por el insecticida o a la secuencia de eventos que conducen a la muerte del insecto (por ejemplo, Sistema Nervioso Central).
- **Mecanismo de acción:** representa el sitio bioquímico con el cual el insecticida interactúa de manera específica (Ej. interfieren en la apertura y cierre de los canales de sodio, otros miméticos de los receptores nicotínicos)

CLASIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES MODOS DE ACCIÓN

- Sistema Nervioso y Muscular
- Crecimiento y Desarrollo
- Respiración
- Sistema Digestivo
- Desconocida o incierta

LEPIDÓPTEROS

Clasificación de Insecticidas por Modos de Acción

CRECIMIENTO Y DESARROLLO

- 7. **Miméticos de la hormona juvenil:**
7C Piriproxién
- 15. **Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0:**
Benzolureas
- 18. **Agonistas del receptor de ecdisona:**
Diacilhidracinas



RESPIRACIÓN

- 13. **Desacopladores de la fosforilación oxidativa, vía interrupción del gradiente protónico:**
Pirroles, Sulfuramidas
- 21. **Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I:**
21A Acaricidas e insecticidas METI, 21B Rotenona

SISTEMA NERVIOSO Y MUSCULAR

- 1. **Inhibidores de la acetilcolinesterasa:**
1A Carbamatos, 1B Organofosforados
- 2. **Antagonistas de canales de Sodio:**
2B Fenilpirazoles (Fiproles)
- 3. **Moduladores del canal de sodio:**
3A Piretroides y Piretrinas
- 4. **Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina:**
4A Neonicotinoides, 4C Sulfoximinas
- 5. **Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina:**
Siprosinas
- 6. **Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato:**
Avermectinas y Milbemectinas
- 14. **Bloqueadores del canal del receptor de acetilcolina:**
Análogos de la neralistoxina
- 22. **Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje:**
22A Oxadiazinas, 22B Semicarbazonas
- 28. **Moduladores del receptor de la rianodina:**
Diamidas

SISTEMA DIGESTIVO

- 11. **Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos:**
Bacillus thuringiensis y proteínas insecticidas que producen (Bt var. aizawai, var. kurstaki, var. tenebrionis)

Compuestos de Modo de Acción desconocido o incierto

Azadiractina.

ÁCAROS

Clasificación de Insecticidas por Modos de Acción

SISTEMA NERVIOSO Y MUSCULAR

- 1. **Inhibidores de la acetilcolinesterasa:**
1A Carbamatos, 1B Organofosforados
- 2. **Antagonistas de canales de Sodio:**
2B Fenilpirazoles (Fiproles)
- 3. **Moduladores del canal de sodio:**
3A Piretroides y Piretrinas
- 6. **Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato:**
Avermectinas y Milbemectinas
- 19. **Antagonistas de los receptores de la octopamina:**
Amitraz



RESPIRACIÓN

- 12. **Inhibidores de la fosforilación oxidativa, disrupción de la síntesis de ATP (inhibidores de ATP sintetasa):**
12C Propinilsulfito
- 13. **Desacopladores de la fosforilación oxidativa, vía interrupción del gradiente protónico:**
Pirroles, Sulfuramidas
- 20. **Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III (punto de acople II):**
20B Acequinocil, 20D Bifenazate
- 21. **Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I:**
21A Acaricidas e insecticidas METI, 21B Rotenona

CRECIMIENTO Y DESARROLLO

- 10. **Inhibidores del crecimiento de ácaros:**
10A Clofentezin, Hexfliazox
- 15. **Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0:**
Benzolureas
- 23. **Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa:**
Derivados de los ácidos tetrónico y tetramico.

Compuestos de Modo de Acción desconocido o incierto

Azadiractina, Azufre, Polisulfuro de calcio.

IRAC
ARGENTINA

Clasificación del Modo de Acción de los Insecticidas

La Clave para el Manejo de la Resistencia a Insecticidas

Para más información:

IRAC-AR | CASAFE

Reconquista 661 1ºA
(C1003ABM) CABA - Argentina
Tel +5411 4893.7772/3
contacto@casafe.org

irac-argentina.org
www.casafe.org

MIEMBROS DE IRAC:

ADAMA ARGENTINA S.A.
BASF ARGENTINA S.A.
BAYER S.A.
DOW AGROSCIENCES ARGENTINA S.A.
DUPONT ARGENTINA S.R.L.
MONSANTO ARGENTINA S.A.
SYNGENTA AGRO S.A.
Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).
Institución Invitada:
Asociación de Semilleros Argentinos (ASA)

casafe
Empresas de tecnología para la protección de los cultivos

PULGONES, MOSCAS BLANCAS Y CHINCHES

Clasificación de Insecticidas por Modos de Acción

SISTEMA NERVIOSO Y MUSCULAR

- 1. **Inhibidores de la acetilcolinesterasa:**
1A Carbamatos, 1B Organofosforados
- 2. **Antagonistas de canales de Sodio:**
2B Fenilpirazoles (Fiproles)
- 3. **Moduladores del canal de sodio:**
3A Piretroides y Piretrinas
- 4. **Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina:**
4A Neonicotinoides, 4C Sulfoximinas
- 9. **Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotales:**
9B Derivados de piridina de azometrina
- 22. **Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje:**
22A Oxadiazinas, 22B Semicarbazonas
- 28. **Moduladores del receptor de la rianodina:**
Diamidas
- 29. **Moduladores de los órganos cordotales - sin punto de acción definido:**
Flonicamid

RESPIRACIÓN

- 12. **Inhibidores de la fosforilación oxidativa, disrupción de la síntesis de ATP (inhibidores de ATP sintetasa):**
12C Propinilsulfito
- 21. **Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I:**
21A Acaricidas e insecticidas METI, 21B Rotenona

CRECIMIENTO Y DESARROLLO

- 7. **Miméticos de la hormona juvenil:**
7C Piriproxién
- 15. **Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0:**
Benzolureas
- 16. **Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1:**
Buprofezin
- 23. **Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa:**
Derivados de los ácidos tetrónico y tetramico.

Compuestos de Modo de Acción desconocido o incierto

Azadiractina.

IRAC ARGENTINA

Clasificación del Modo de Acción de los Insecticidas

La Clave para el Manejo de la Resistencia a Insecticidas

Grupo Modo de Acción

	PULGÓN	MOSCA BLANCA	CHINCHE
1A	X	X	X
AB	X	X	X
2A	X	X	
2B			
3A	X	X	X
4A	X	X	X
4C	X	X	X
4D	X	X	
4E			
7A	X	X	
7C		X	
9B	X	X	
12A	X	X	
15		X	
16		X	
21A		X	
22A			
23	X	X	
28	X	X	
29	X	X	



IRAC ARGENTINA

Clasificación del Modo de Acción de los Insecticidas

La Clave para el Manejo de la Resistencia a Insecticidas

Grupo principal / Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en Argentina
1 Inhibidores de la acetilcolinesterasa	1A Carbamatos	Benfuracarb, carbaryl, carbofuran clorhidrato, carbosulfan, formetanato, metolcarb, metomil, pirimicarb, thiodicarb.
	1B Organofosforados	Acefato, clorpirifos, clorpirifos metil, DDVP o diclorvos, dimetoato, fenamifos, fenitrotion, forsmet, fosfiazate malatión, metamidofos, metidation, pirimifos metil, profenofos.
2 Antagonistas de canales de Sodio	2A Ciclodienos	No existen principios activos registrados en Argentina.
	2B Fenilpirazoles (Fiproles)	Fipronil, etiprole.
3 Moduladores del canal de sodio	3A Piretroides y Piretrinas	Alfa-cipermetrina, alfa-metrina, azadiractina, beta-cipermetrina, bifentrin, beta-ciflutrin, cipermetrina, deltametrina, esfenvalerato, fenpropatrina, gammaciaciotrina, lambda-ciaciotrina, permetrina, teflutrina, zetametrina, Piretrinas.
	3B DDT / Metoxicloro	No existen principios activos registrados en Argentina.
4 Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina	4A* Neonicotinoides	Acetamiprid, clotianidina, imidacloprid, tiacloprid, tiameoxam.
	4B Nicotina	No existen principios activos registrados en Argentina.
	4C* Sulfoximinas	Sulfoxalfor.
	4D Butenolides	No existen principios activos registrados en Argentina.
4E Mesoionicos	No existen principios activos registrados en Argentina.	
5 Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de la acetilcolina	Spinosinas	Spinetoram, spinosad.
6 Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato	Avermectinas y Milbemectinas	Abamectina, benzoato de emamectina.

Clasificación del modo de acción

Nervioso y muscular

Crecimiento y desarrollo

Respiración

Digestivo

Desconocido o no específico

Nota: Las rotaciones para el manejo de la resistencia deben basarse únicamente en los grupos numerados de modos de acción.

Grupo principal / Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en Argentina
7 Miméticos de la hormona juvenil	7A Análogos de la hormona juvenil	No existen principios activos registrados en Argentina.
	7B Fenoxicarb	No existen principios activos registrados en Argentina.
	7C Piriproxién	Piriproxién.
8 Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)	8A Alifático halogenado	No existen principios activos registrados en Argentina.
	8B Cloropirina	Cloropirina.
	8C Fluoruro de sulfuro	No existen principios activos registrados en Argentina.
	8D Boratos	No existen principios activos registrados en Argentina.
	8E Borax	No existen principios activos registrados en Argentina.
	8F Generadores de isotiocianato de metilo	Dazomet, metam.
9 Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotomales	9B Derivados de piperidina de azometrina	Pymetrozina, pyrifluquinazon.
	10A** Clotentezin, Hexitiazox (Ver nota a pie de tabla)	Hexitiazox.
10 Inhibidores del crecimiento de ácaros	10B Etoxazol	No existen principios activos registrados en Argentina.
	11A*** Bacillus thuringiensis y proteínas insecticidas que producen (Bt var. aizawai, var. kurstaki, var. tenebrionis)	Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry1A.105, Cry2Ab, Vip3A, Cry3Bb.
11 Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos	11B Bacillus sphaericus	No existen principios activos registrados en Argentina.
	12A Diafenthiuron	No existen principios activos registrados en Argentina.
12 Inhibidores de la fosforilación oxidativa, disrupción de la síntesis de ATP (inhibidores de ATP sintetasa)	12B Organoestánicos	No existen principios activos registrados en Argentina.
	12C Propinilsulfito	Propargite.
	12D Tetradifon	No existen principios activos registrados en Argentina.

Grupo principal / Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en Argentina
13 Desacopladores de la fosforilación oxidativa, vía interrupción del gradiente protónico	Pirroles, Sulfuramidas	Clorfenapir, sulfuramida.
	Análogos de la Nereistoxina	Cartap.
14 Bloqueadores del canal del receptor de acetilcolina	Análogos de la Nereistoxina	Cartap.
15 Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0	Benzoilureas	Bistriflurón, clorfluzazuron, diflubenzurón, flufenoxurón, lufenurón, novaturón, teflubenzurón, triflumurón.
16 Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1	Buprofezin	Buprofezin.
17 Disruptores de la hormona de la muda, dípteros	Cyromazine	No existen principios activos registrados en Argentina.
18 Agonistas del receptor de ecdisona	Diacilhidracinas	Metoxifenacido.
19 Antagonistas de los receptores de la octopamina	Amitraz	Amitraz.
20 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III (punto de acople II)	20A Hidrametilnona	No existen principios activos registrados en Argentina.
	20B Acequinoacyl	Acequinoacyl.
	20C Fluacrypyrim	No existen principios activos registrados en Argentina.
	20D Bifenazate	Bifenazate.
21 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I	21A Acaricidas e insecticidas METI	Fenazaquin, fenpiroximato, piridabén.
	21B Rotenona	Rotenona.
22 Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje	22A**** Oxadiazinas (Ver nota a pie de tabla)	Indoxacarb.
	22B**** Semicarbazonas	Metaflumizone.
23 Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa	Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico	Spirodiclofen, Spirotetramat.

Grupo principal / Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en Argentina
24 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV	24A Fosfuros	Fosturo de aluminio, fosturo de magnesio, fostina
	24B Cianetos	No existen principios activos registrados en Argentina.
25 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II	25A Derivados del beta-cetonitrilo	No existen principios activos registrados en Argentina.
	25B Carboxanilidas	No existen principios activos registrados en Argentina.
28 Moduladores del receptor de la rianodina	Diamidas	Clorantniliprole, cyantraniliprole, flubendiamide.
	Fonicamid	Fonicamid.
29 Moduladores de los órganos cordotomales - sin punto de acción definido	Azadiractina	Azadiractina.
	Azufre	Azufre.
	Polisulfuro de calcio	Polisulfuro de calcio.
	Bifenazate	Bifenazate.
	Orgánico	Aceite de soja refinado, Aceite de Creosota.
	Sulfonamida	Sulfonamida.

* 4A y 4C: Aunque se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.

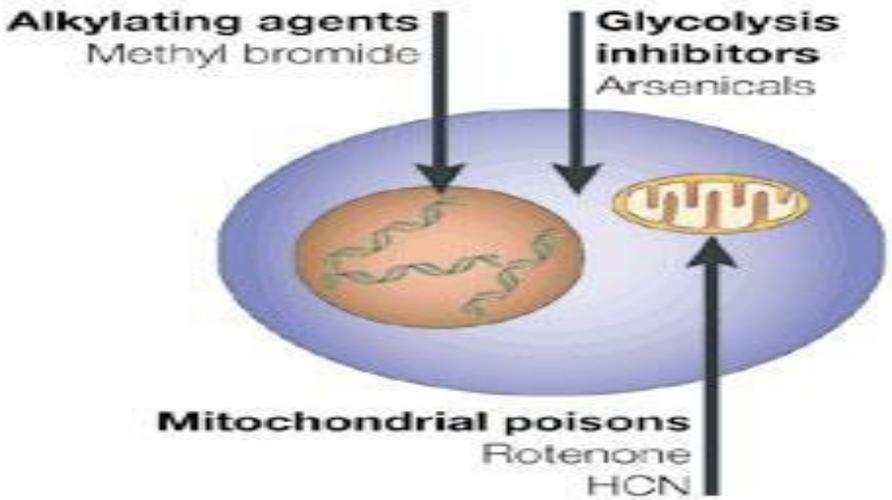
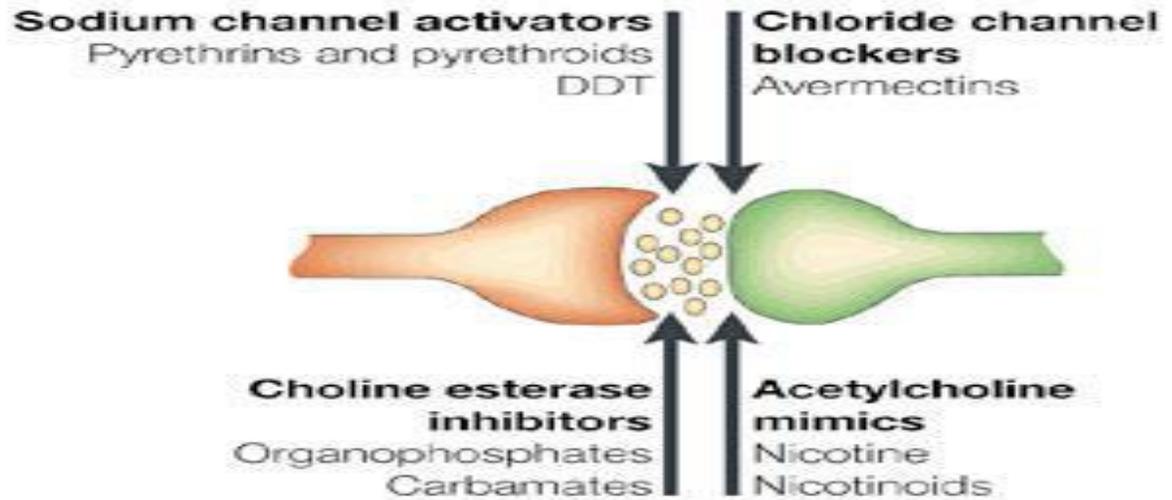
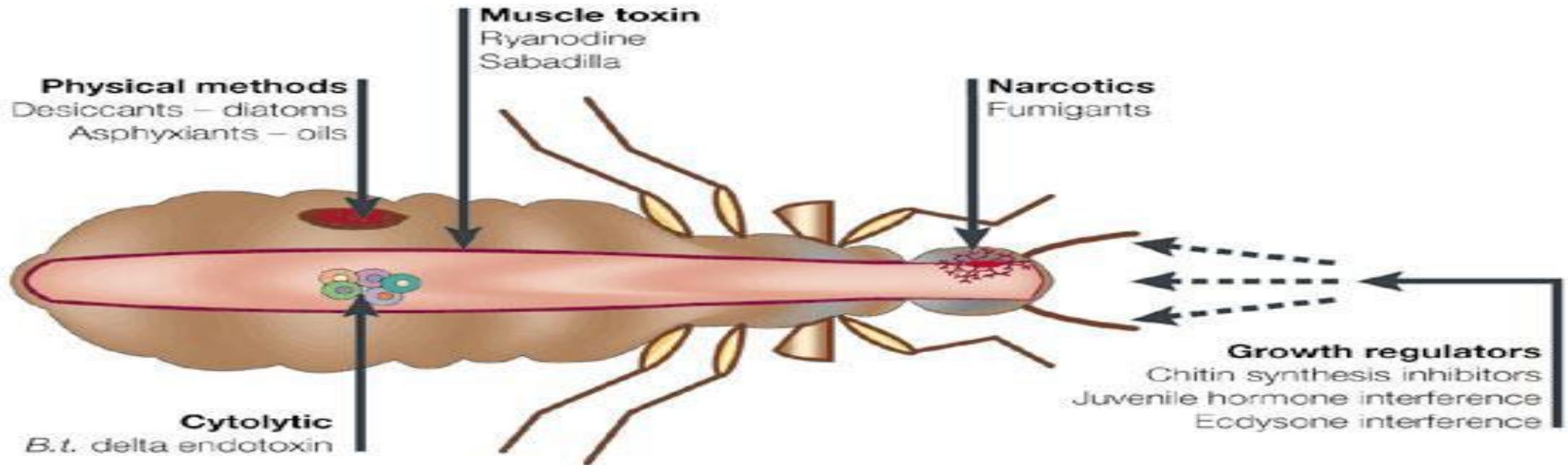
** 10A: Clotentezin y hexitiazox han sido agrupados puesto que muestran resistencia cruzada a pesar de ser estructuralmente distintos y se desconoce el punto de acción para estos compuestos.

*** 11A: Diferentes productos Bt que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de resistencia. La rotación entre ciertos productos microbianos Bt específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.

**** 22A y 22B: A pesar de que se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.

El esquema de color empleado asocia modos de acción con categorías generales basadas en las funciones fisiológicas afectadas, como una ayuda para la comprensión de la sintomatología, la rapidez de acción y otras propiedades de los insecticidas, y no para cualquier propósito de manejo de la resistencia. Las rotaciones para el manejo de la resistencia deben basarse únicamente en los grupos numerados de modos de acción.

Notas a considerar en relación a esta clasificación: La asignación de un modo de acción implica por lo general la identificación de la proteína responsable del efecto biológico, aunque se pueden agrupar compuestos cuando comparten efectos fisiológicos característicos y tienen estructuras químicas relacionadas.



Lepidoptera - Mode of Action Classification by Target Site



1. Acetylcholinesterase (AChE) inhibitors
1A: *Carbamates*
1B: *Organophosphates*
2. GABA-gated chloride channel blockers
2A: *Cyclodiene Organochlorines*
2B: *Phenylpyrazoles*
3. Sodium channel modulators
3A: *Pyrethrins, Pyrethroids*
4. Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) competitive modulators
4A: *Neonicotinoids*
4F: *Pyridylidenes*
5. Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) allosteric modulators Site I
Spinosyns
6. Glutamate-gated chloride channel (GluCl) allosteric modulators
Avermectins, Milbemycins
14. Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) channel blockers
Nereistoxin analogues
22. Voltage-dependent sodium channel blockers
22A: *Oxadiazines*
22B: *Semicarbazones*
28. Ryanodine receptor modulators
Diamides
30. GABA-gated chloride channel allosteric modulators
Isoxazolines, Meta-diamides
32. Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) allosteric modulators Site II
GS-omega/kappa HXTX-HV1a Peptide
37. Vesicular acetylcholine transporter (VAcHT) inhibitor
Oxazosulfyl

Unknown or uncertain MoA

Azadirachtin, Pyridalyl, Beauveria bassiana, Burkholderia spp, Paecilomyces fumosoroseus

Respiration Targets

13. Uncouplers of oxidative phosphorylation via disruption of the proton gradient
Pyrroles
21. Mitochondrial complex I electron transport inhibitors
21A: *METI acaricides and insecticides (Tolfenpyrad)*
34. Mitochondrial complex III electron transport inhibitors – Qi site
Flometoquin

Midgut Targets

11. Microbial disruptors of insect midgut membranes
11A: *Bacillus thuringiensis*,
11B: *Bacillus sphaericus*
31. Baculoviruses
Host-specific occluded pathogenic viruses
Granuloviruses, Nucleopolyhedroviruses

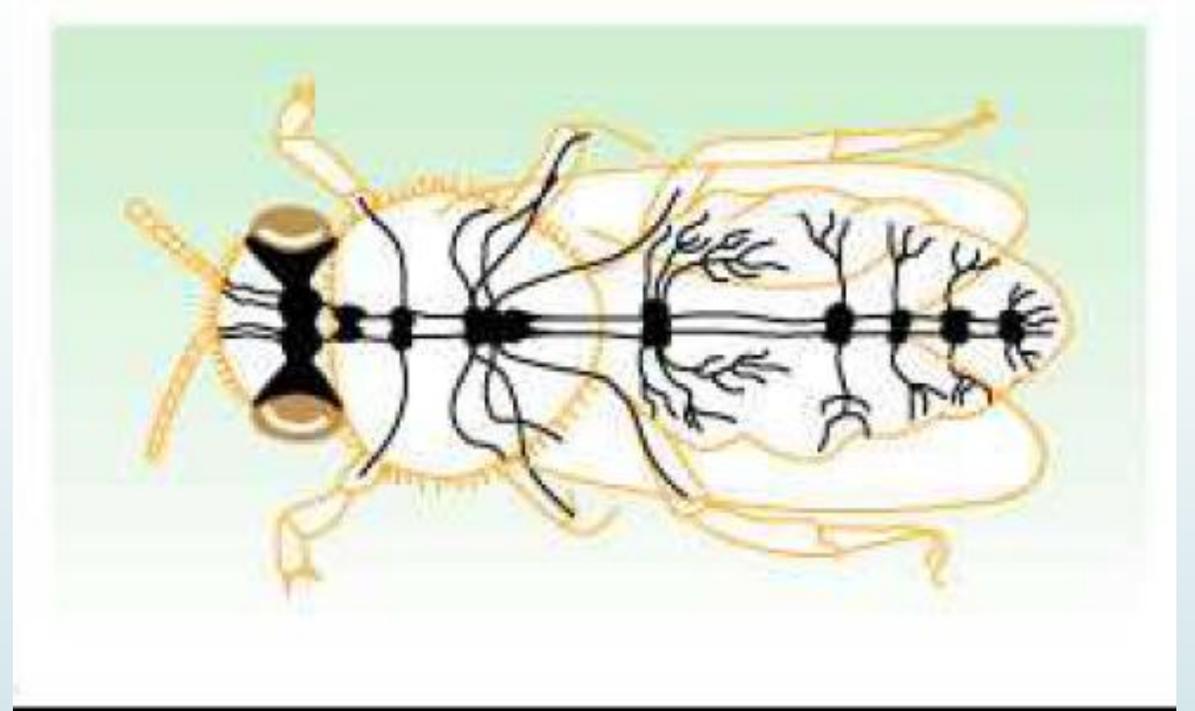
Growth & Development Targets

7. Juvenile hormone receptor modulators
7A: *Juvenile hormone analogues (Hydroprene)*
7B: *Fenoxycarb*
15. Inhibitors of chitin biosynthesis affecting CHS1
Benzoylureas
18. Ecdysone receptor agonists
Diacylhydrazines

SISTEMA NERVIOSO Y MUSCULAR

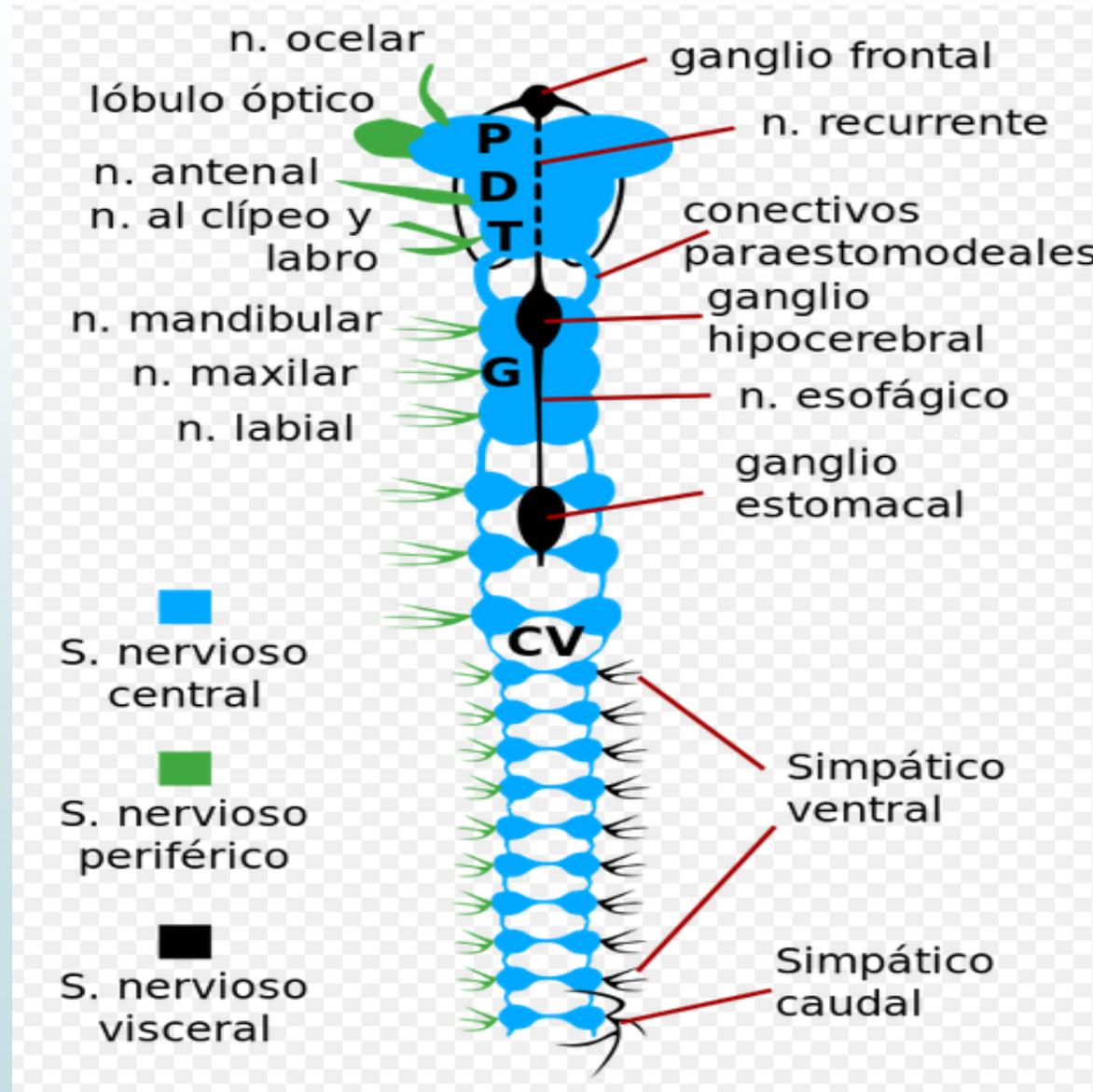
El cerebro consiste en tres pares fusionados de ganglios dorsales situados en la Cabeza

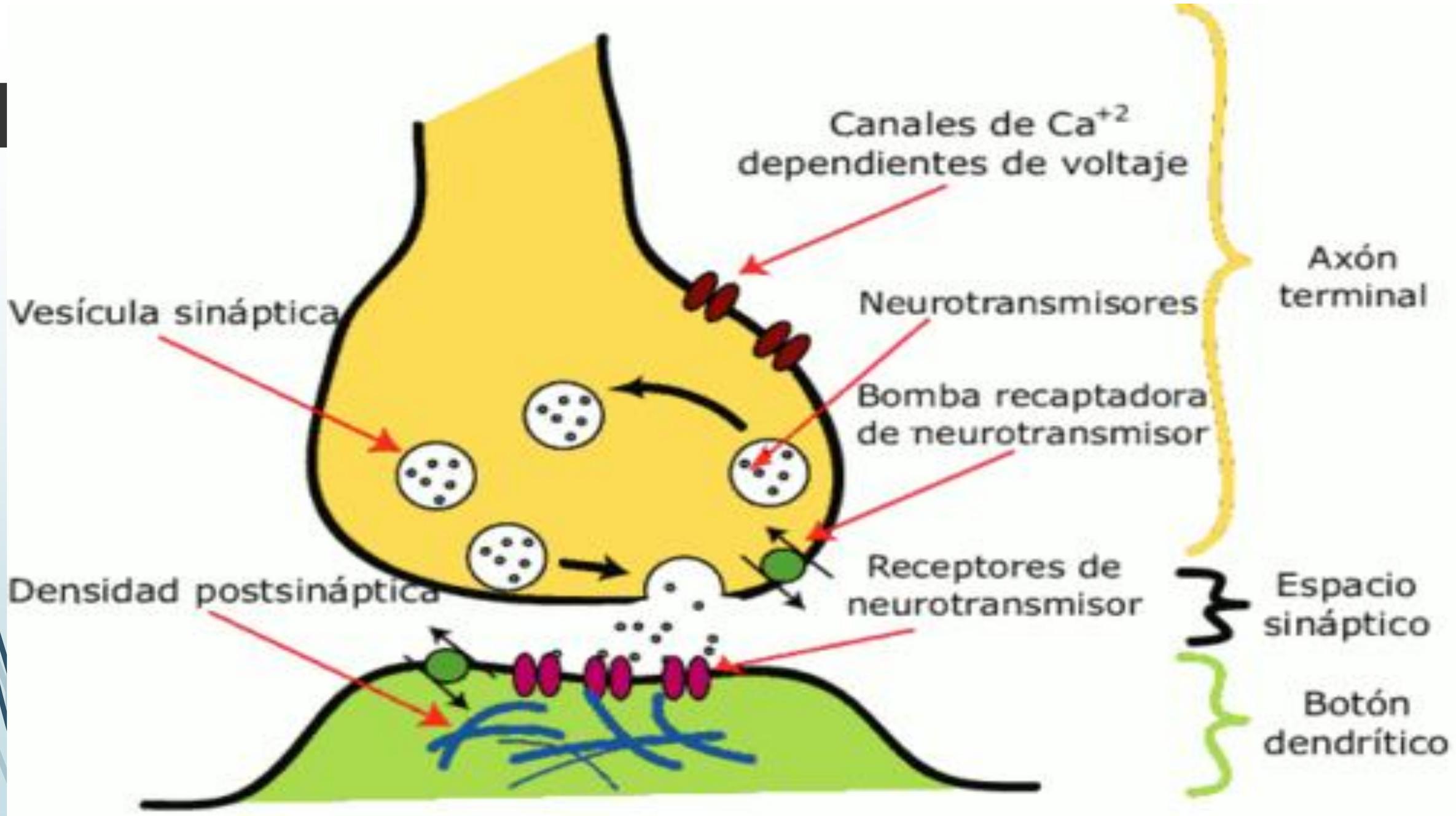
Los ganglios están interconectados por dos haces de fibras nerviosas que corren a lo largo de la superficie ventral



FUENTE: CURTIS

PARTES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL





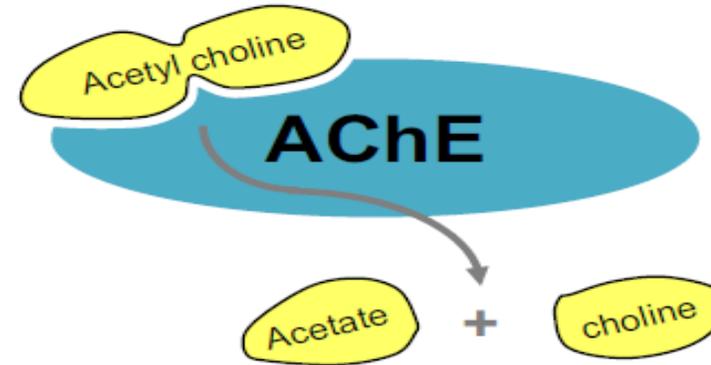
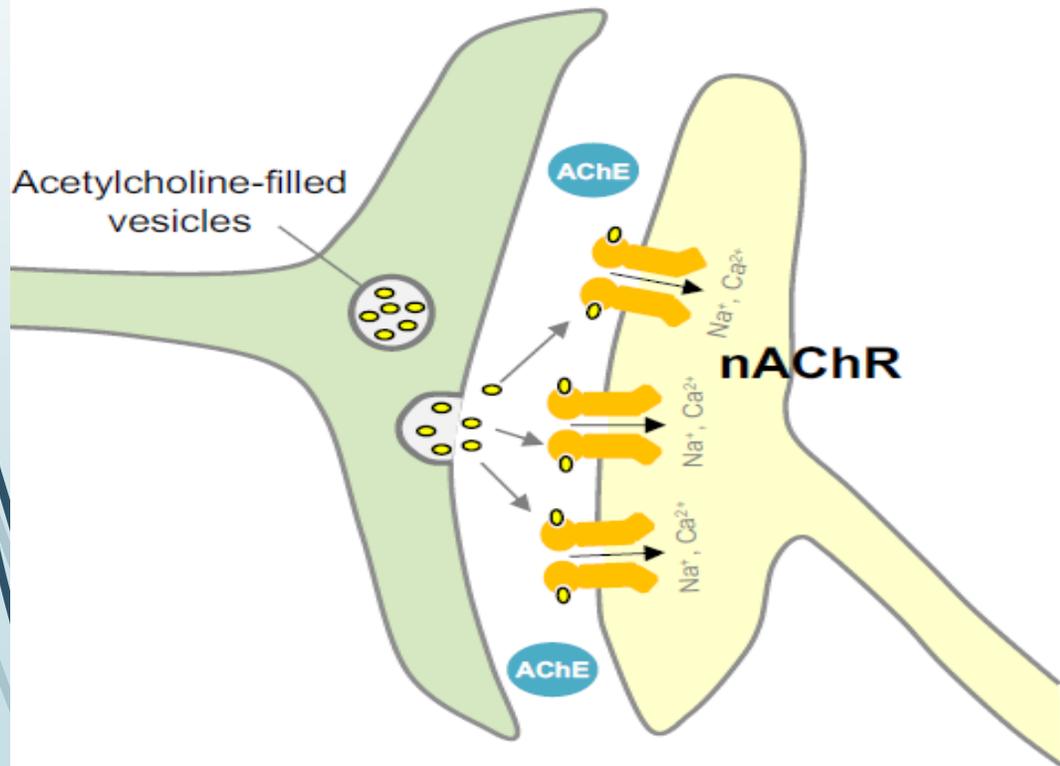


SISTEMA NERVIOSO Y MUSCULAR

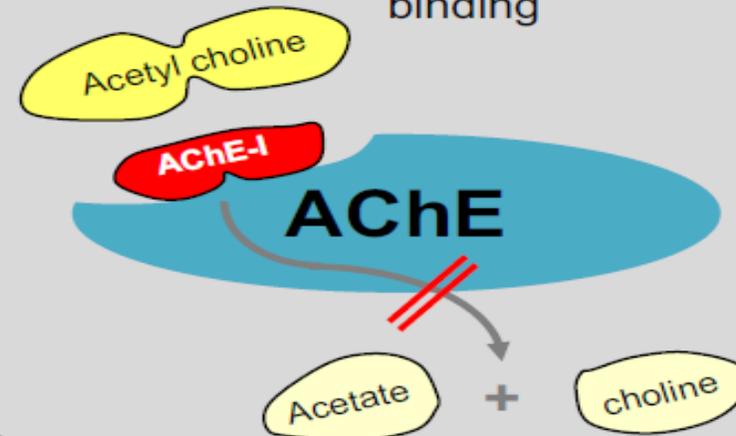
INHIBIDORES DE LA ACETILCOLINESTERASA

Acetylcholinesterase (AChE) degrades Acetylcholine in the synapse

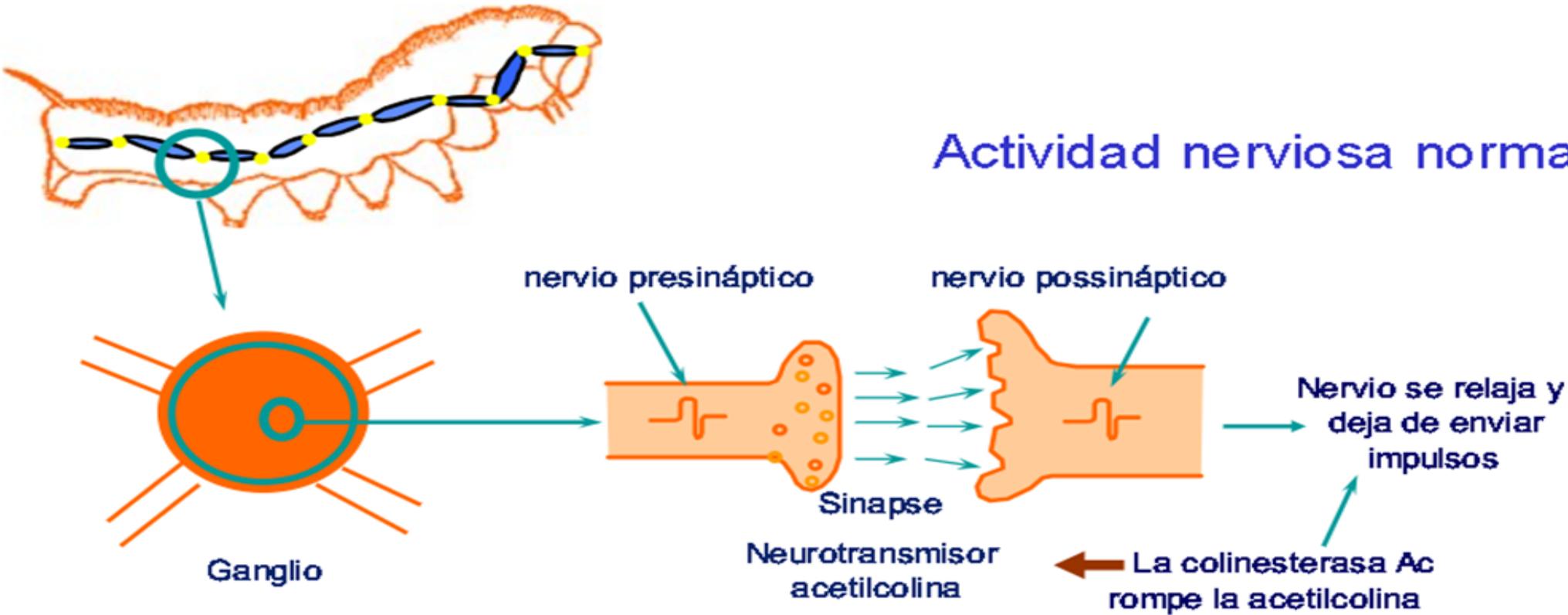
Acetylcholinesterases degrade **Acetylcholine** in order to terminate the signal after it has been sent across the synapse



AChE inhibitors bind to the active site of the enzyme preventing Acetylcholine from binding



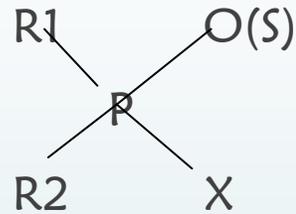
Actividad nerviosa normal



Fuente: Novasource group

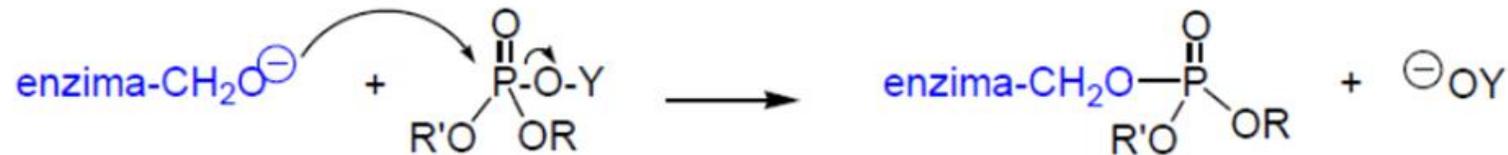
MODO Y MECANISMO DE ACCIÓN

Son inhibidores de la acetilcolinesterasa (M.A.)

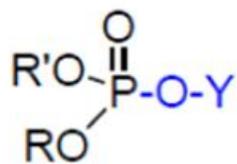


X es el grupo que se desplaza cuando la AchE se fosforila

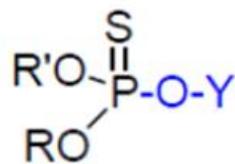
Bloquean la acción de la enzima acetilcolinesterasa, interrumpiendo la transmisión de impulsos entre las células nerviosas.



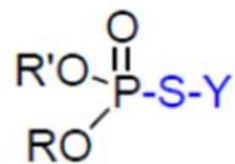
- Descubiertos en Alemania (Schrader, 1930)
- Son ésteres derivados del Ácido fosfórico
- De acuerdo a la sustitución de los grupos OH por OR (R radical orgánico) origina ésteres o **FOSFATOS**.
- Del enlace P=O por P=S, origina **TIONOFOSFATOS**
- Del grupo OR por SR, origina los **TIOLFOSFATOS**
- Sustitución simultánea de P=O por P=S y de O-R por S-R, originan los **TIONOTIOLFOSFATOS O DITIOFOSFATOS**.
- La sustitución de OR por un radical orgánico R, origina **FOFONATOS**
- Sustitución de OR por grupos halógenos (Cl, Br, etc), origina los **HALOGENOFOSFOIDATOS**
- La sustitución de RH por NH₂, origina los **AMIDOFOSFATOS**



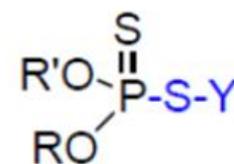
Fosfatos



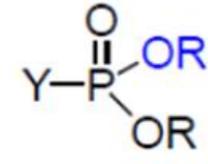
Tionofosfatos



Tiolfosfatos



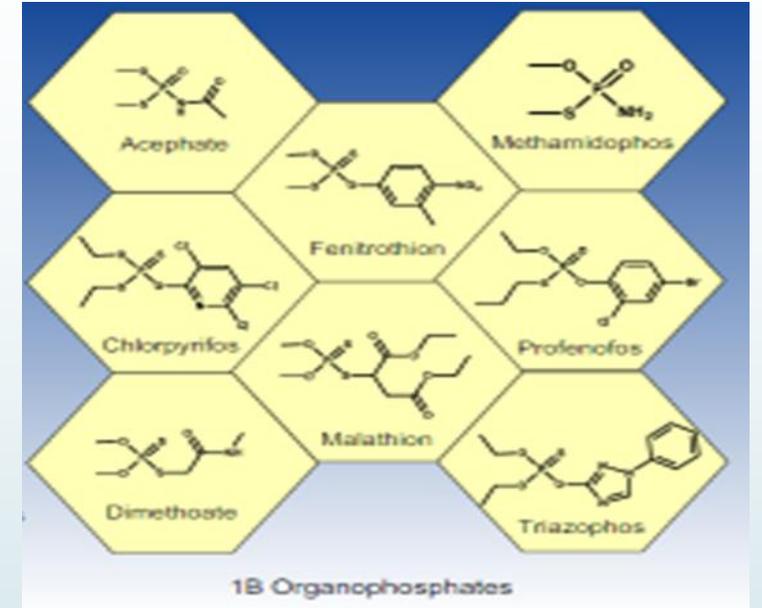
Ditiofosfatos



Fosfonatos

MECANISMO O SITIO DE ACCIÓN

- ▶ Son inhibidores de la Acetilcolinesterasa
- ▶ Se produce una acumulación de Acetilcolina en la **SINAPSIS**
- ▶ Causan hiperexcitación del Sistema Nervioso Central (puesto que la sinapsis es colinérgica)
- ▶ Se producen contracciones rápidas de músculos voluntarios, terminando en una parálisis
- ▶ Se presentan como sustitutos de la acetilcolina



TOXICIDAD

- ▶ Los productos oxidados (paraoxon) son más tóxicos para insectos que para mamíferos
- ▶ La composición de los derivados fosfóricos guarda relación con su comportamiento tóxico.
- ▶ Los derivados tipo *fosfato* se hidrolizan más rápidamente que los *tiono* y *ditionofosfatos* esto se traduce en persistencia y efectividad
- ▶ Los *fosfatos* tienen mayor acción de choque, pero son menos persistente

EFFECTOS

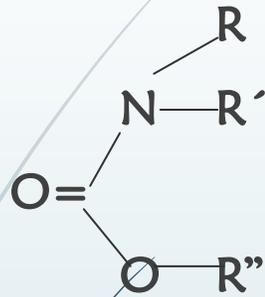
- **Resistencia:** por modificación del sitio de acción (por un aumento de la metabolización citocromo P450)
- No son aptos para MIP (de amplio espectro)
- **Acción en la plaga:** contacto, ingestión o inhalación
- **Acción en la planta:** de contacto, de profundidad o sistémicos
- Poseen acción **ACARICIDA**

EJEMPLOS

- Fenitrotión: para control de granos almacenados, poca persistencia
- Piridafentión: en hortícolas y frutales para control de lepidópteros y trips.
- Acefato: en cereales, girasol, poroto, terapico de semillas
- Fentión: control de pulgones en cítricos y ornamentales
- Metidatión: masticadores, minadores y chupadores en alfalfa, algodón, citrus, frutales, hortal
- Propenfos: control de orugas en algodón y soja
- Fentoato: lepidópteros, mosquita del sorgo y ácaros
- Primifos-metil: granos almacenados. Muy residual
- Fosmet: control de lepidópteros y ácaros en alfalfa, algodón y frutales.

CARBAMATOS

Derivan del ácido carbámico (ésteres)

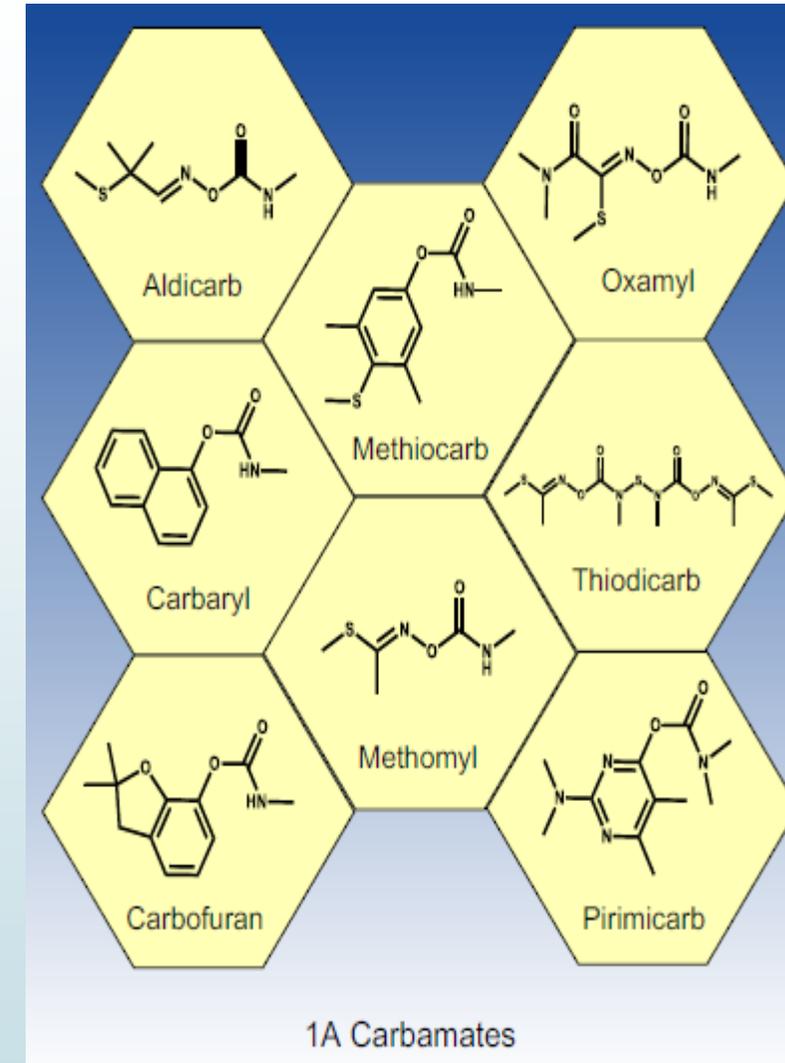


- ▶ Algunos poseen un anillo arilo sustituyente, que es el grupo que desaparece al unirse al AchE
- ▶ Pueden usarse como herbicidas, como fungicidas y como insecticidas
- ▶ Se registra el primer uso 1956

MECANISMO DE ACCIÓN

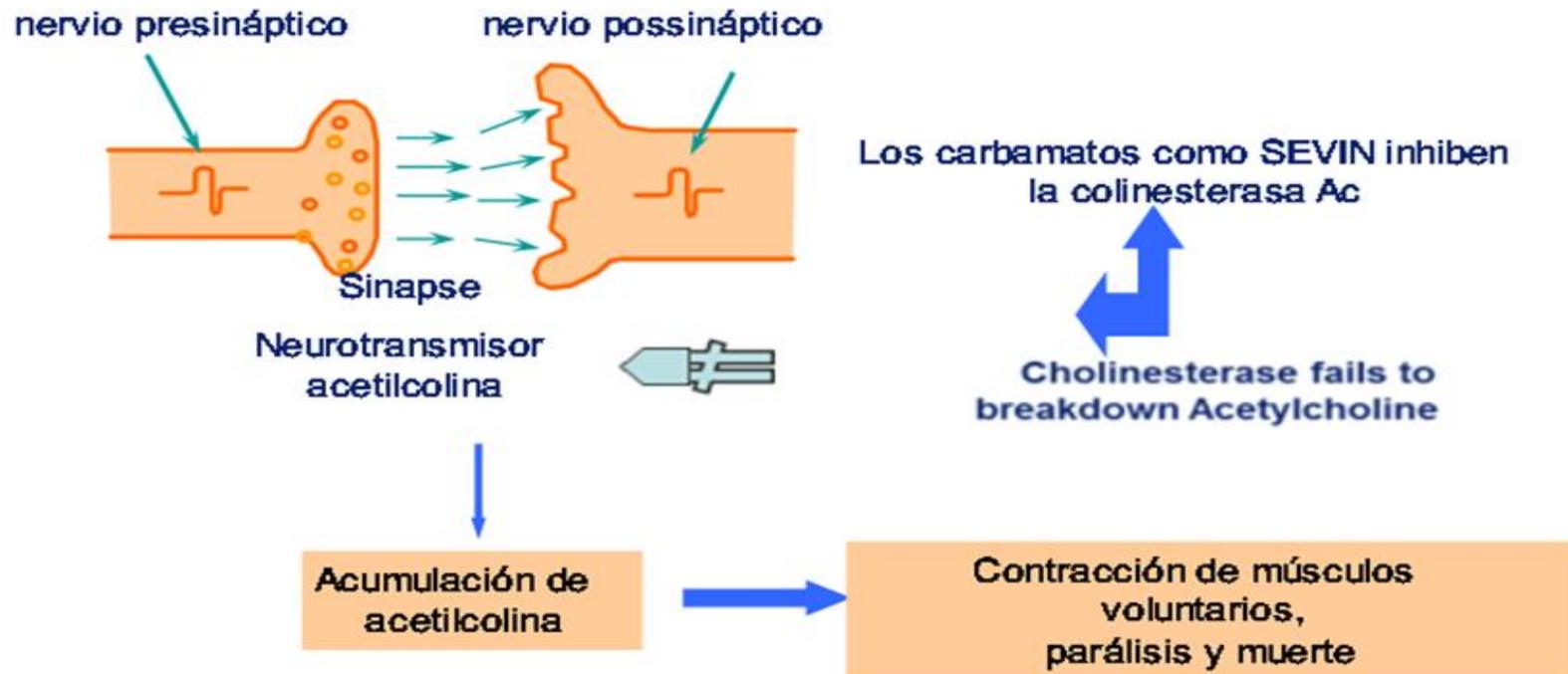
Inhibidores de la acetilcolinesterasa

- ▶ Para dicha acción es de gran importancia la estructura molecular y estérica
- ▶ Son necesarios los grupos orgánicos no ionizables para la acción insecticida
- ▶ La unión de la enzima con el ácido carbámico es más lenta y por ende es un poco más seguro.

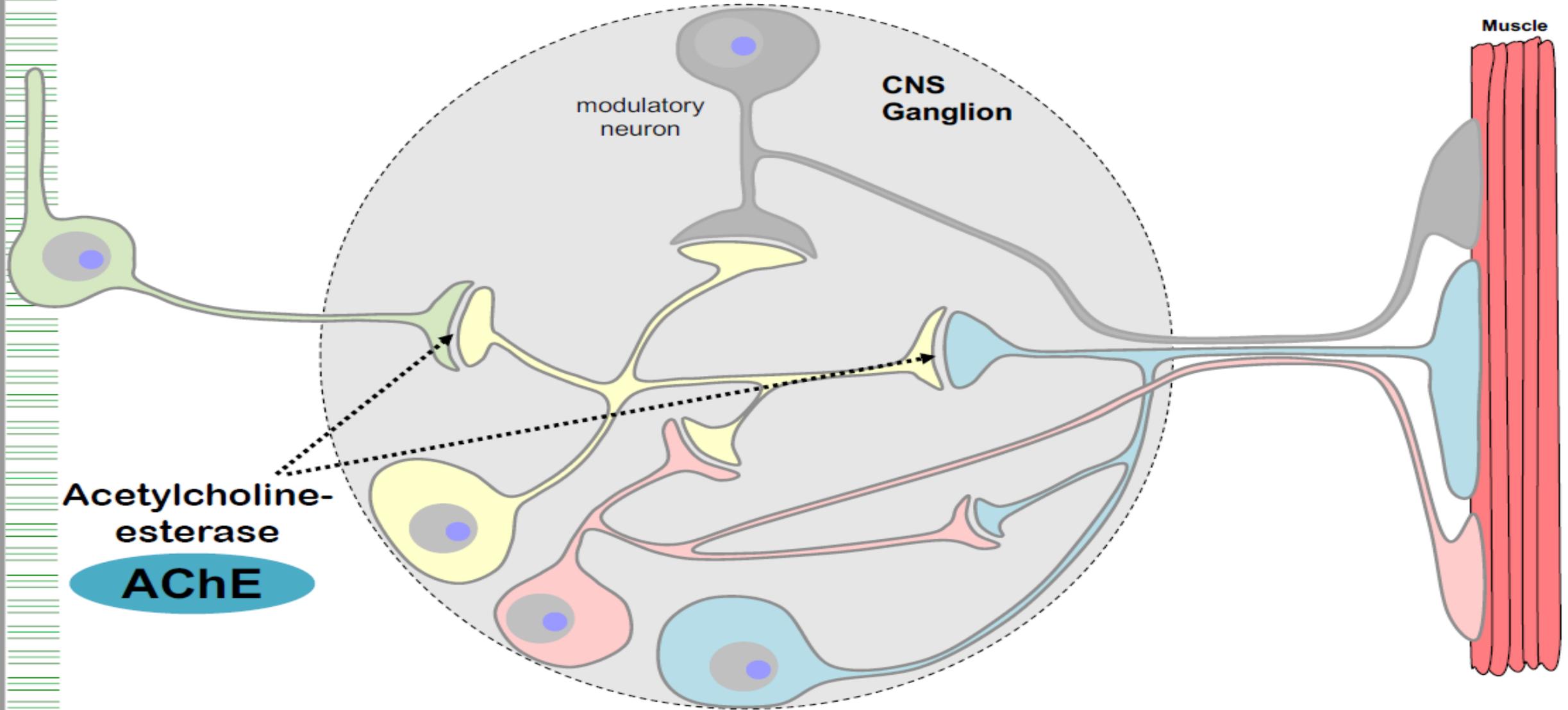


- La enzima AchE unida a a los carbamatos queda carbamilada es mucho más estable que el intermedio acetilado
- La AchE carbamilada se hidroliza en un corto período de tiempo
- La inhibición es reversible
- Algunos carbamatos son potentes inhibidores de la aliesterasa

Efecto en el Sistema Nervioso Central



Enzymes targeted by neuromuscular disruptors



Acetylcholinesterase
AChE

ACCIÓN

- ▶ En la plaga: contacto, ingestión e inhalación
- ▶ En la planta: contacto, sistémica o translaminar
- ▶ Síntomas: producen contracciones rápidas de los músculos voluntarios y, finalmente, la parálisis
- ▶ Son rápidamente detoxificados y excretados
- ▶ No aptos para MIP (tóxicos para himenópteros: parasitoides y abejas)

EJEMPLOS

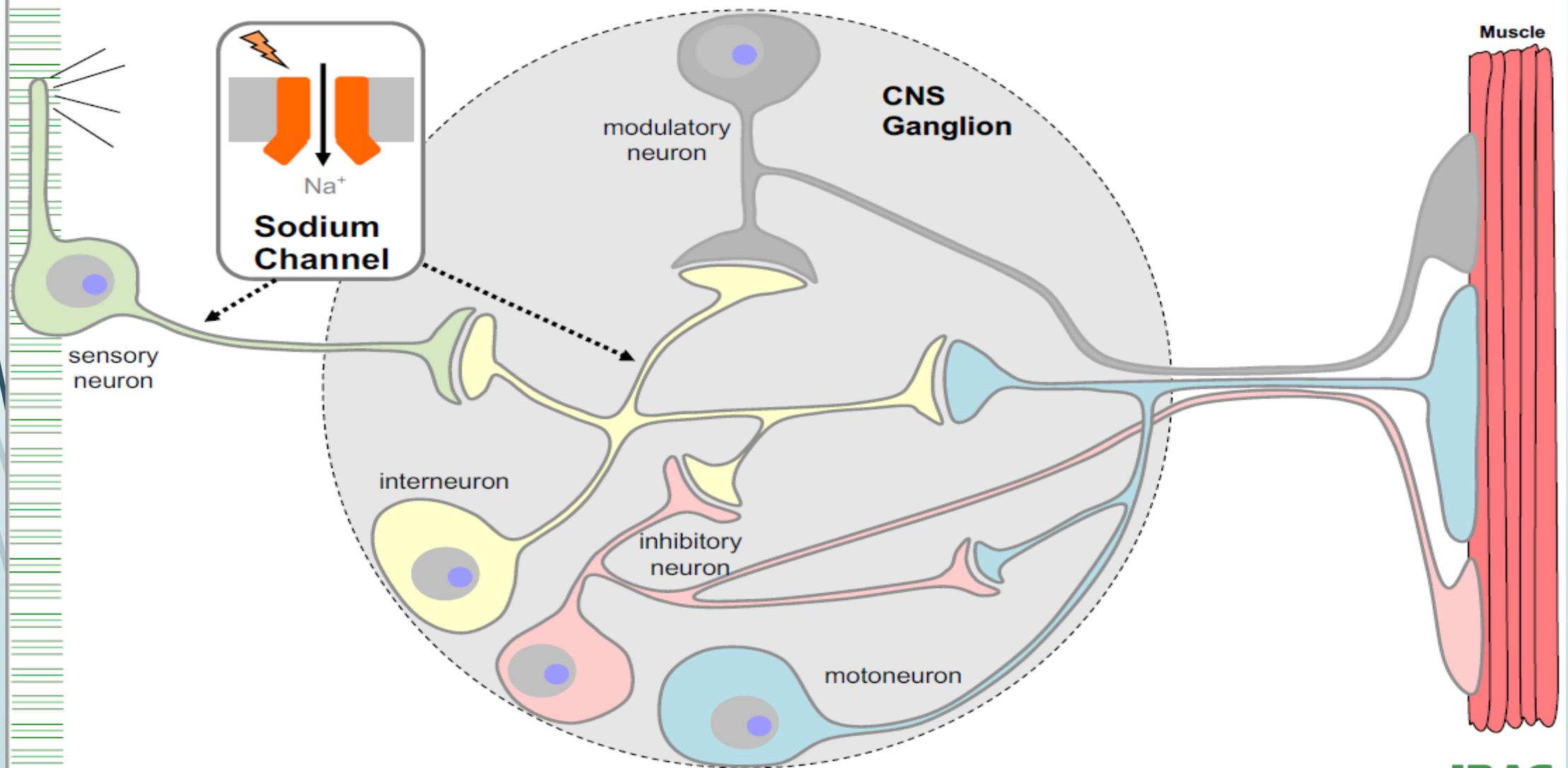
- ▶ Benfuracarb: control de trips, nematodos (sistémico)
- ▶ Carbaril: orugas en algodón, cereales, cochinillas en frutales muy baja actividad sistémica)
- ▶ Carbofurán: como curasemillas (sistémico)
- ▶ Metiocarb y metilmercapturon: insecticidas y molusquicidas
- ▶ Metomil: control de isocas en alfalfa, algodón, soja, entre otros (de contacto)
- ▶ Pirimicarb: control de pulgones, sistémico (por xilema), translaminar
- ▶ Tidiocarb: terapéutico para semillas (sistémico), insecticida controla isocas, trips
- ▶ Formetanato clorhidrato: (insecticida-acaricida) actúa por contacto e ingestión. Trips y ácaros en cítricos y otros frutales



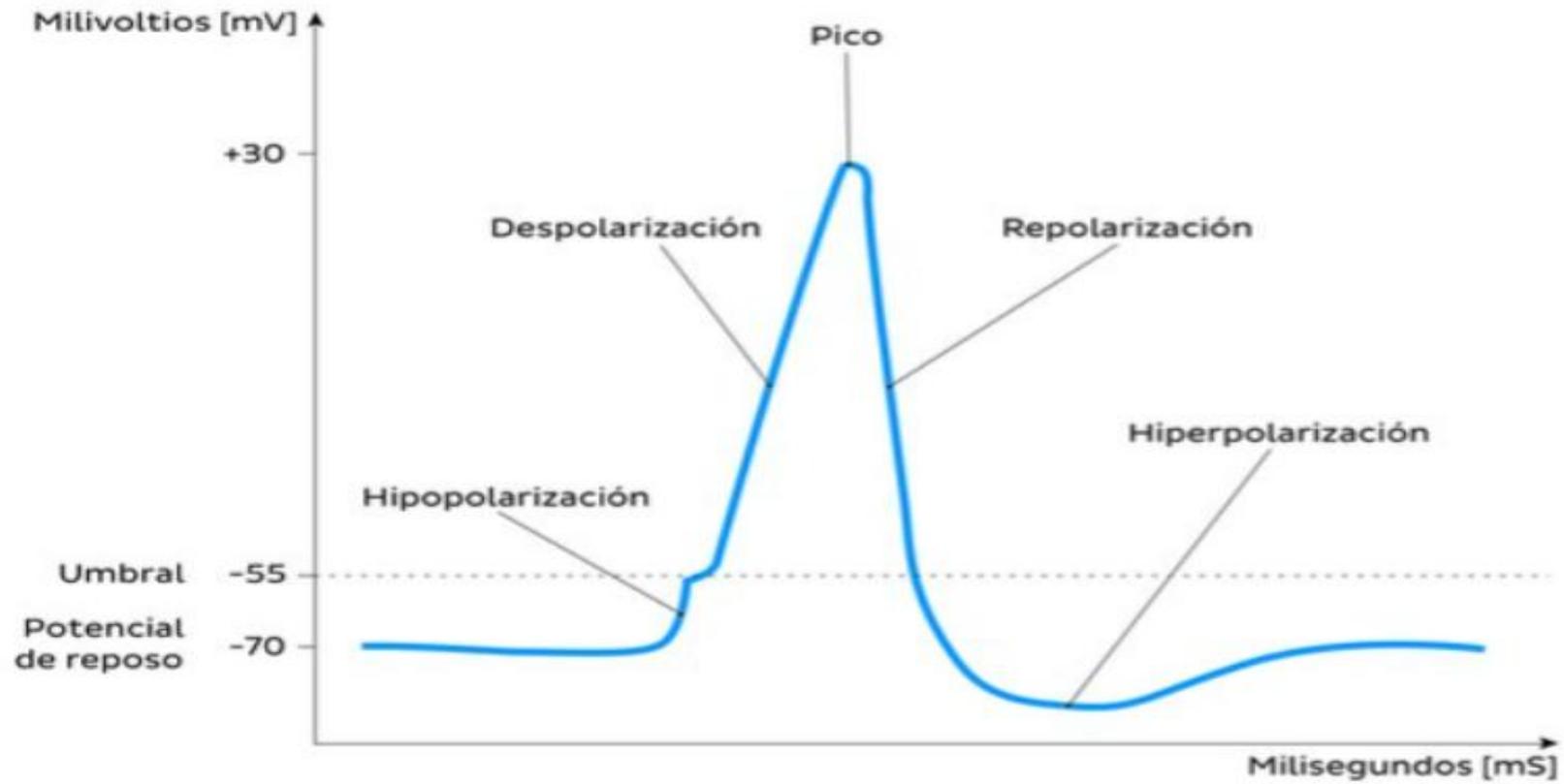
MODULADORES DE LOS CANALES DE SODIO

PIRETROIDES

Insecticides acting on Sodium channels



POTENCIAL DE ACCIÓN

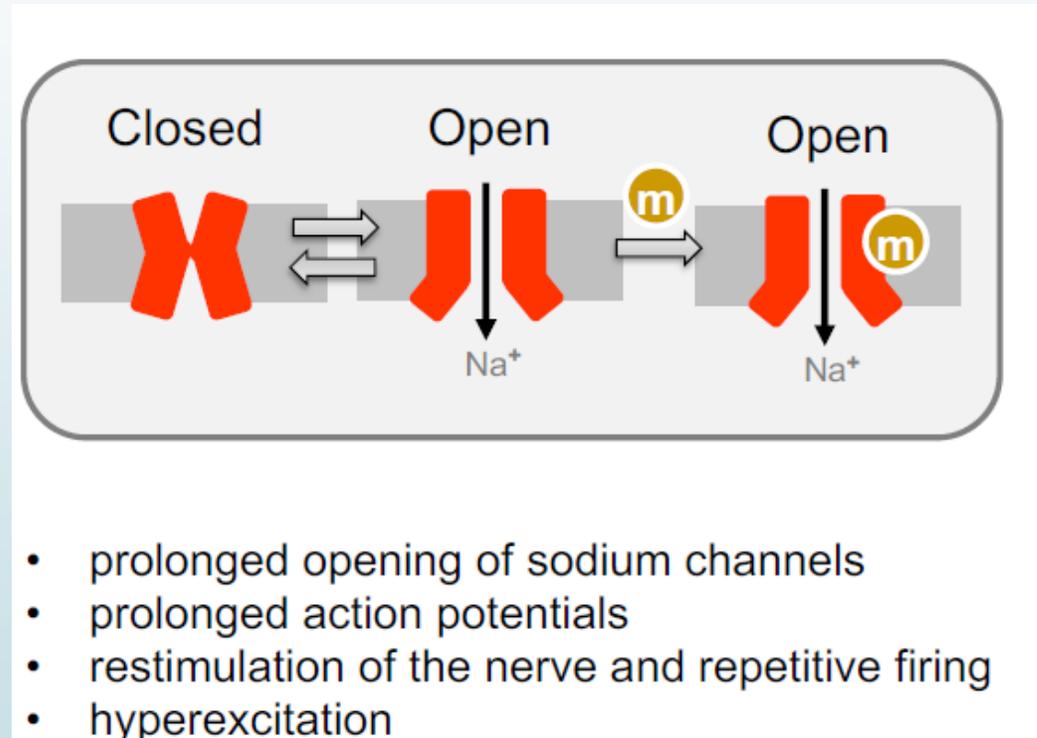
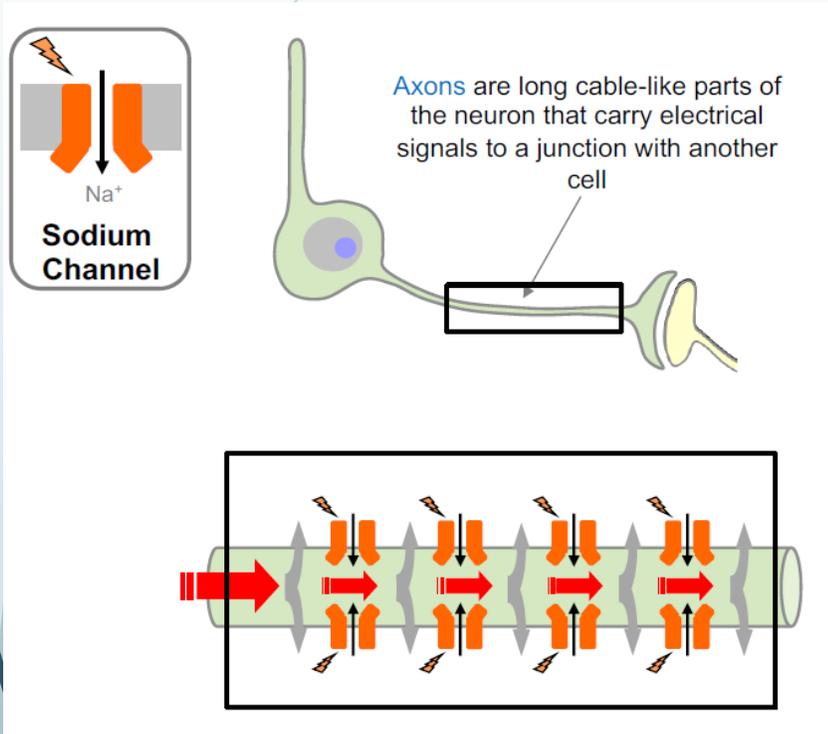


PIRETROIDES

Modo de acción.- Los piretroides comparten modos de acción similares, parecidos a los OP's, y se los considera venenos axónicos.

- ▶ Funcionan manteniendo abiertos los canales de sodio en las membranas de las neuronas.
- ▶ Hay dos tipos de piretroides. El Tipo I, entre otras respuestas fisiológicas, tiene un coeficiente de temperatura negativa.
- ▶ Tipo II tiene un coeficiente de temperatura positiva, mostrando incremento de la mortalidad al aumentar la temperatura ambiental.
- ▶ Los piretroides afectan tanto el sistema nervioso periférico como el central del insecto. Inicialmente estimulan las células nerviosas a producir descargas repetitivas y eventualmente causan parálisis.
- ▶ Tales efectos son causados por su acción sobre el canal de sodio, un hueco diminuto que le permite a los iones de sodio penetrar al axón y causar excitación nerviosa.

MECANISMO DE ACCIÓN



- prolonged opening of sodium channels
- prolonged action potentials
- restimulation of the nerve and repetitive firing
- hyperexcitation

TIPOS DE PIRETROIDES

- ▶ **La primera generación** contiene solo un piretroide, la aletrina (Pynamin®), que apareció en 1949. Su síntesis era muy compleja, e implicaba 22 reacciones químicas para llegar hasta el producto final.
- ▶ **La segunda generación** incluye tetrametrina (Neo-Pynamin®) (1965), seguida por resmetrina (Synthrin®) en 1967 (20X más efectiva que el piretro), luego la bioresmetrina (50X tan efectiva como el piretro) (1967), después Bioallethrin® (1969), y finalmente fonotrina (Sumithrin®) (1973).
- ▶ **La tercera generación** incluye el fenvalerato (Pydrin® [descontinuado], Tribute®, & Bellmark®), y permetrina (Ambush®, Astro®, Dragnet®, Flee®, Pounce®, Prelude®, Talcord® & Torpedo®), los cuales aparecieron en 1972-73. Éstos realmente se convirtieron en los primeros piretroides agrícolas debido a su excepcional actividad insecticida (0.1 kg de ia/ha) y a su fotoestabilidad. Virtualmente no son afectados por la luz solar, y duran 4-7 días como residuos efectivos sobre el follaje de los cultivos.

CUARTA GENERACIÓN

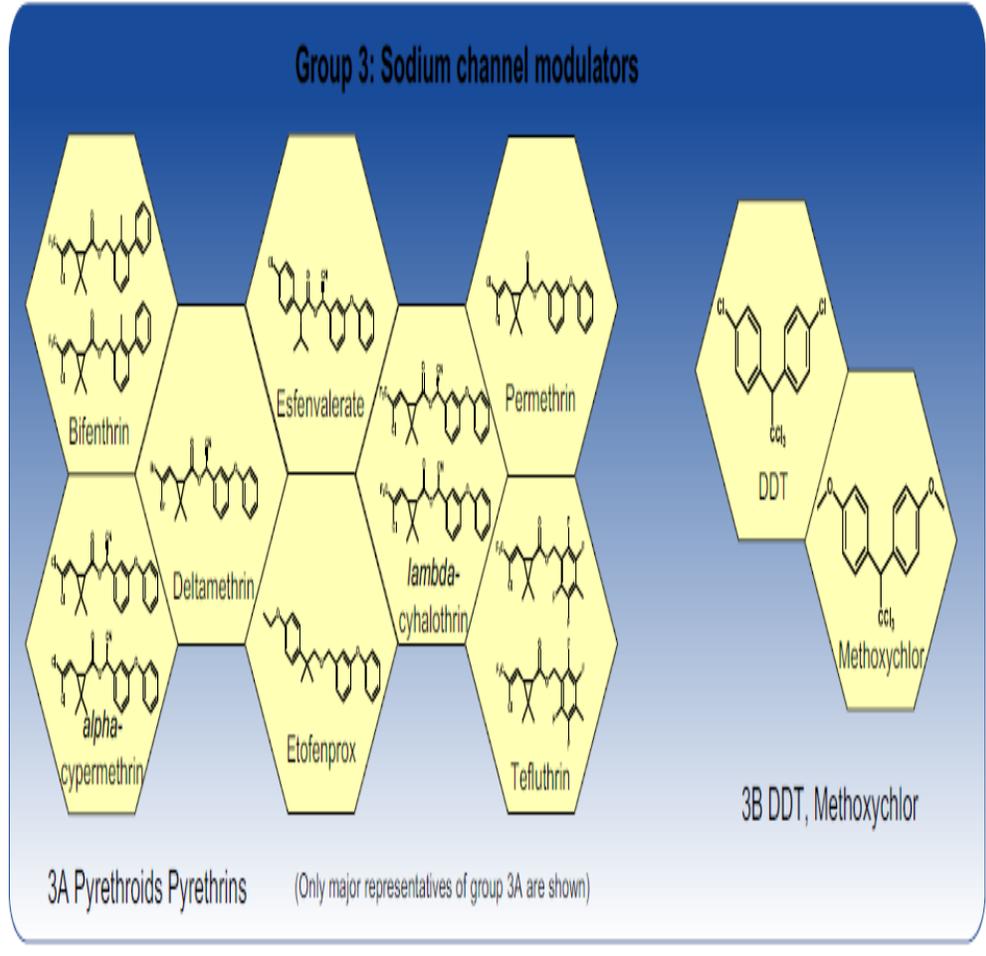
La cuarta y actual generación, realmente sobresale debido a su efectividad en el rango de 0.01 a 0.05 kg ia/ha. Aquí están incluidos

- bifentrin, lambda-cihalotrina , cipermetrina, ciflutrina, deltametrina, fenpropatrina, flucithrinato, praletrina, teflutrina, tralometrina y zeta-cipermetrina.

Todos ellos son

- fotoestables, es decir, que no sufre fotólisis (descomposición) al ser expuestos a la luz solar.
- tienen una volatilidad mínima, dan una efectividad residual prolongada, hasta de 10 días en condiciones óptimas.
- Adiciones recientes a la cuarta generación de piretroides son: acrinatrina y la imiprotrina.

ISOMERÍA



- Los piretroides forman isómeros
- La molécula de algunos tiene una fracción ácida en un centro asimétrico y esto determina la presencia de mezcla de isómeros
- La actividad insecticida reside solamente en uno de los isómeros

ACCIÓN EN LA PLAGA

- ▶ Son insecticidas de contacto e ingestión
- ▶ Lipofílicos y de alta penetración en cutícula
- ▶ Poseen alto poder de volteo knock-down
- ▶ El potencial excitatorio contrae los músculos por la liberación del Ca^{2+} y debido a que los axones alcanzan todo el cuerpo del insecto (incluso órganos sensoriales a nivel de cutícula)
- ▶ Causan síntomas apenas ingresan al organismo

RESISTENCIA

- ▶ Se registran muchos casos de resistencia
- ▶ Puede deberse al sitio de acción o puede ser una resistencia metabólica
- ▶ Resistencia por sitio de acción: knockdown y se debe a la mutación de cinco tipos de aminoácidos en el dominio II del canal de Na^+ regulado por el voltaje
- ▶ Resistencia metabólica: a un amplio número de citocromos P450s que están sobreexpresados en los insectos resistentes identificados

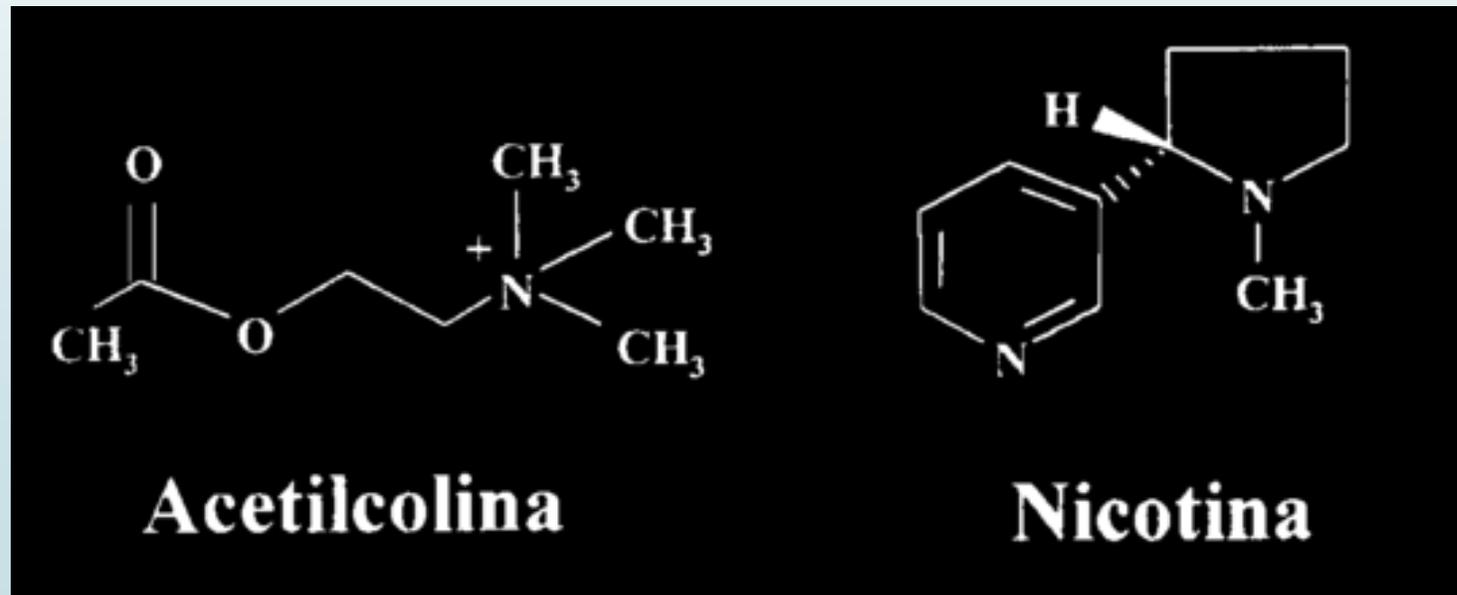
USOS

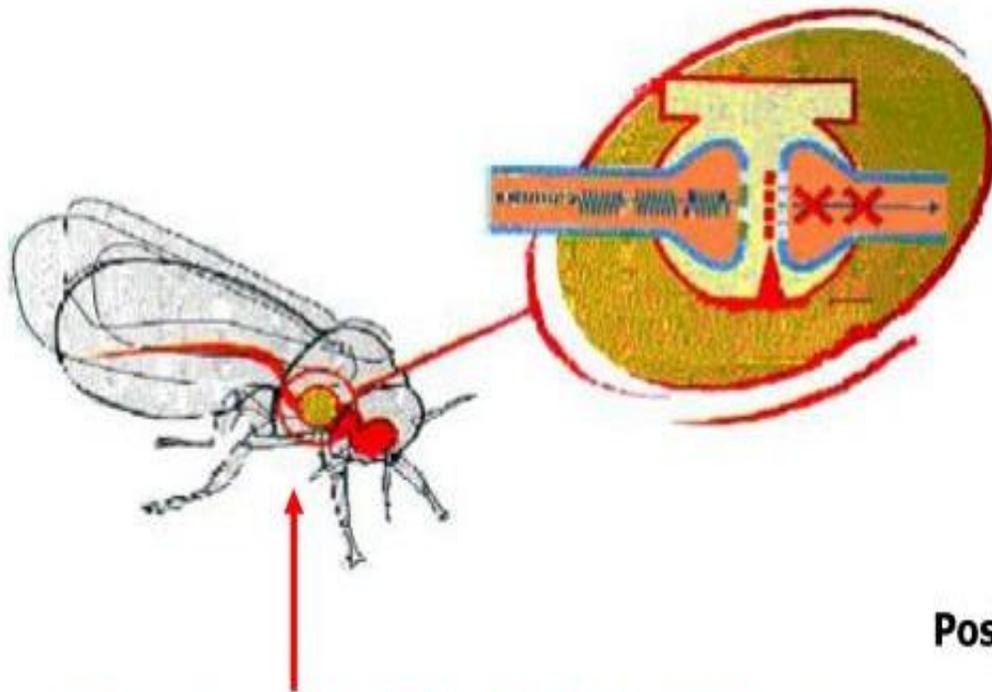
PRINCIPIO ACTIVO	CULTIVO	PLAGA
Acrinatrina	Pera y manzana	Orugas
Alfamestrina	Varios cultivos	Lepidópteros y chinches
Beta-Ciflutrin	Algodón, girasol, soja y campos de golf	Lepidópteros
Bifentrin	Frutales, papa, soja y semillas	Isocas, pulgones, chicharritas y trips
Ciflutrin	Florales y varios cultivos	Isocas y hormigas
Cipermetrina	Varios cultivos	Isocas, chinches y vaquitas
Deltametrina	Varios cultivos y granos almacenados	Amplia gama de insectos
Esfenvalerato	Varios cultivos	Chinches, isocas
Fenpropatrina	Tomate	Mosca blanca
Gammacialotrina	Varios cultivos	Chinches e isocas
Lambdacialotrina	Varios cultivos	Chinches e isocas
Permetrina	Varios cultivos, granos almacenados	Isaocas y chinches
Zetametrina	Varios cultivos	Isocas y chinches



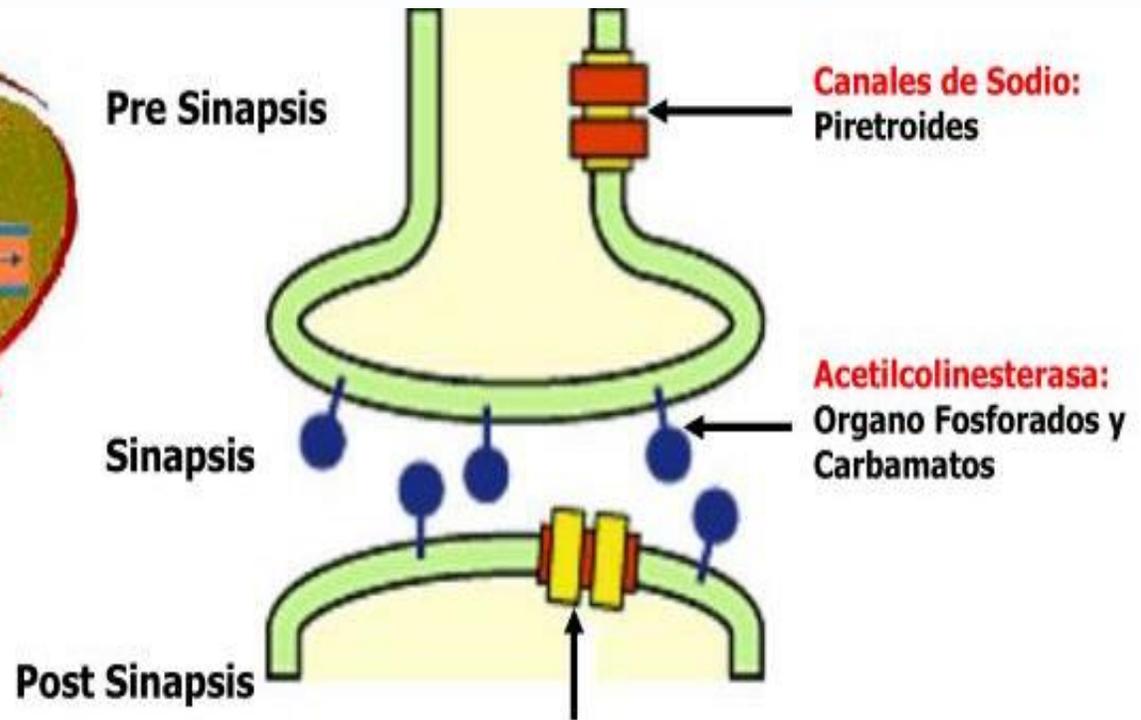
MODULADORES
COMPETITIVOS DEL
RECEPTOR NICOTÍNICO DE
LA ACETILCOLINA
NEONICOTINOIDES

- **Imitan** la acción de la acetilcolina en el receptor, provocando hiperexcitación. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.
- Se produce un bloqueo irreversible de los receptores nicotínicos
- Hay una sobreexcitación de la sinapsis colinérgica
- Causan hiperexcitación, convulsiones, parálisis y muerte del insecto

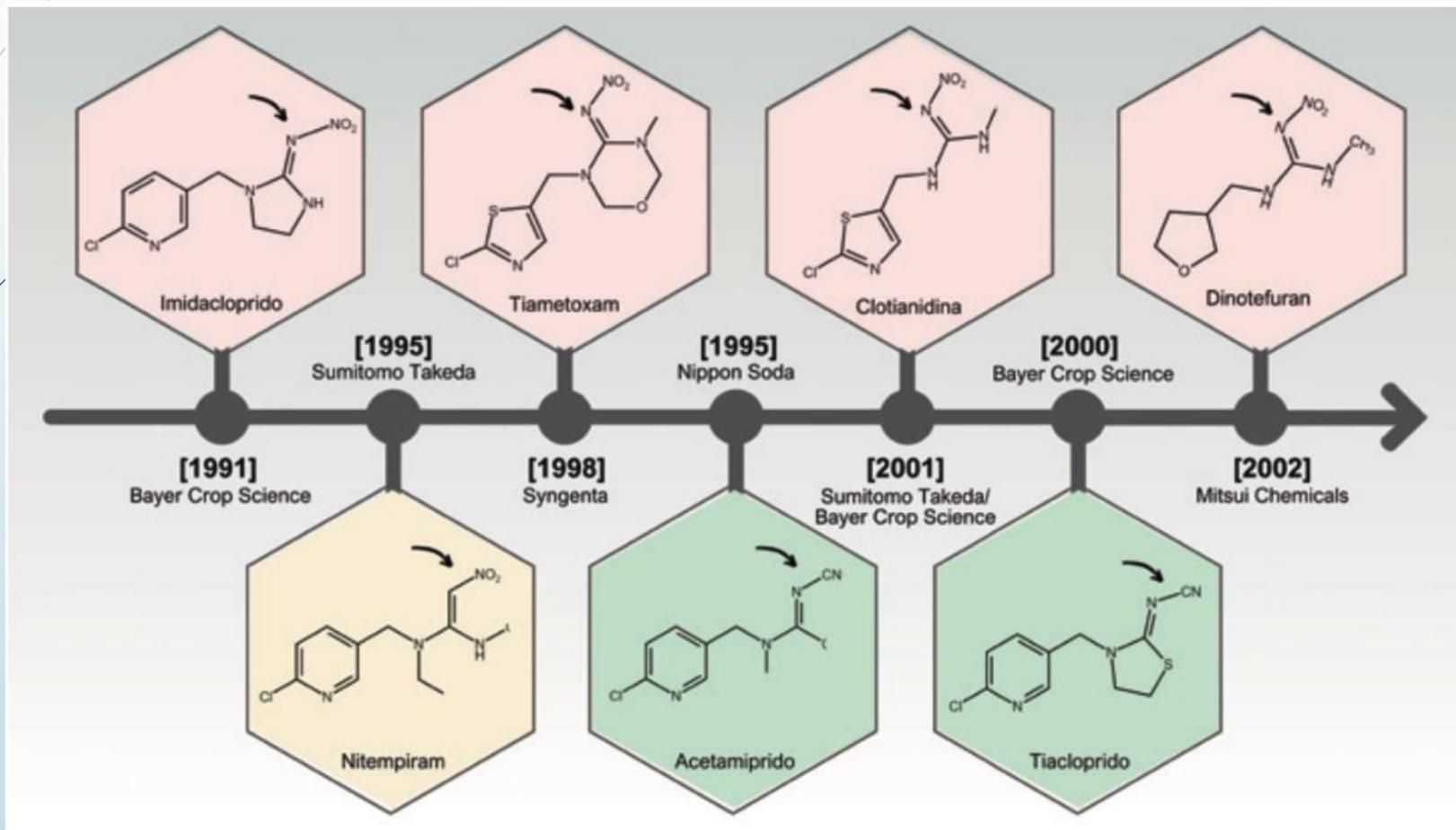




**Receptores Nicotínicos de la Acetilcolina:
Neonicotinoides**



**Receptores Nicotínicos de la Acetilcolina:
Neonicotinoides**



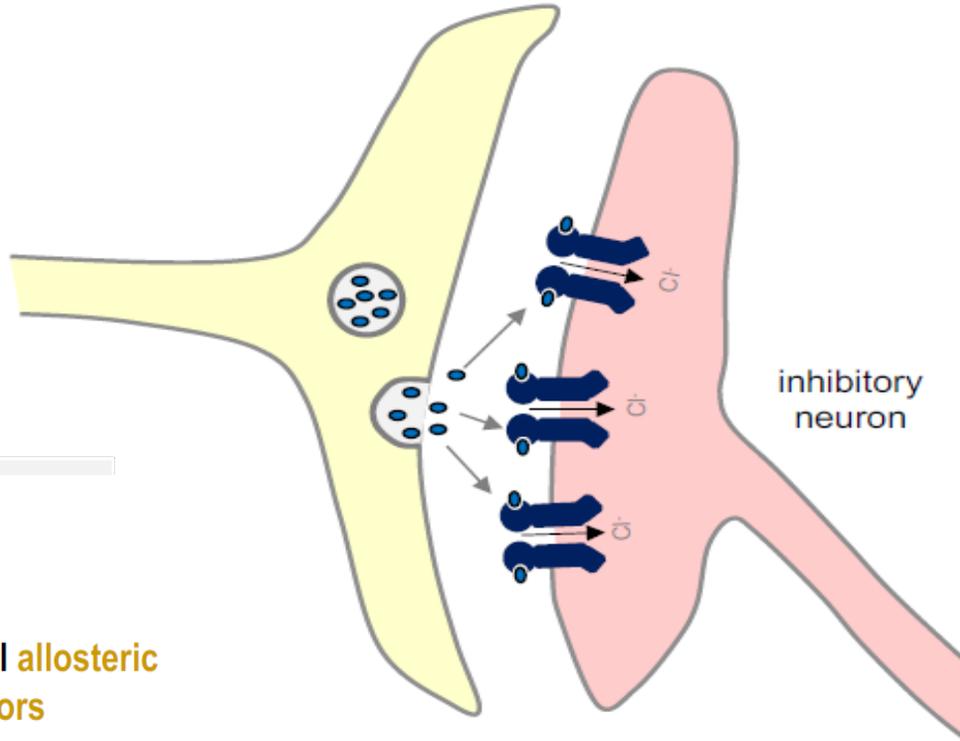
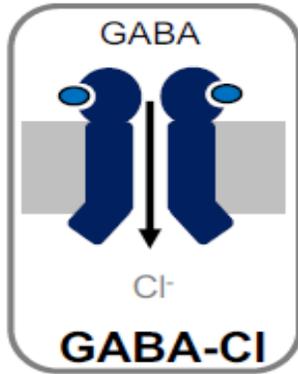
CARACTERÍSTICAS

- **EN LA PLANTA:** poseen sistemía ascendente (se traslocan vía apoplasto a través del xilema) también poseen residualidad.
- **EN LA PLAGA:** actúan por contacto e ingestión
- **TOXICIDAD:** poseen parálisis y la muerte a las pocas horas
- **POSEE TRES GENERACIONES:** estas se deben al orden de descubrimiento o aparición, siendo la primera generación del año 1990 y la tercera del año 2002 (Dinotefuran)
- **CULTIVOS Y PLAGAS:** Homópteros, trips, insectos chupadores, como terapéutico para semillas. En cultivos como: papa, tabaco, cítricos, girasol, maíz, frutales y hortícolas.
- **EJEMPLOS:** Imidacloprid, Tiacloprid, Tiametoxan, Clothianidin, Dinotefuran



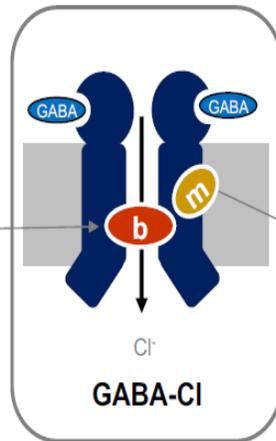
ANTAGONISTAS DE LOS CANALES DE CLORO MODULADOS POR GABA

FENILPIRAZOLES O FIPROLES



GABA-Cl antagonists

- Block the pore and prevent chloride influx, interfering with the channel's inhibitory function



GABA-Cl allosteric modulators

- Binding of modulators negatively affects GABA-Cl, interfering with the channel's inhibitory function

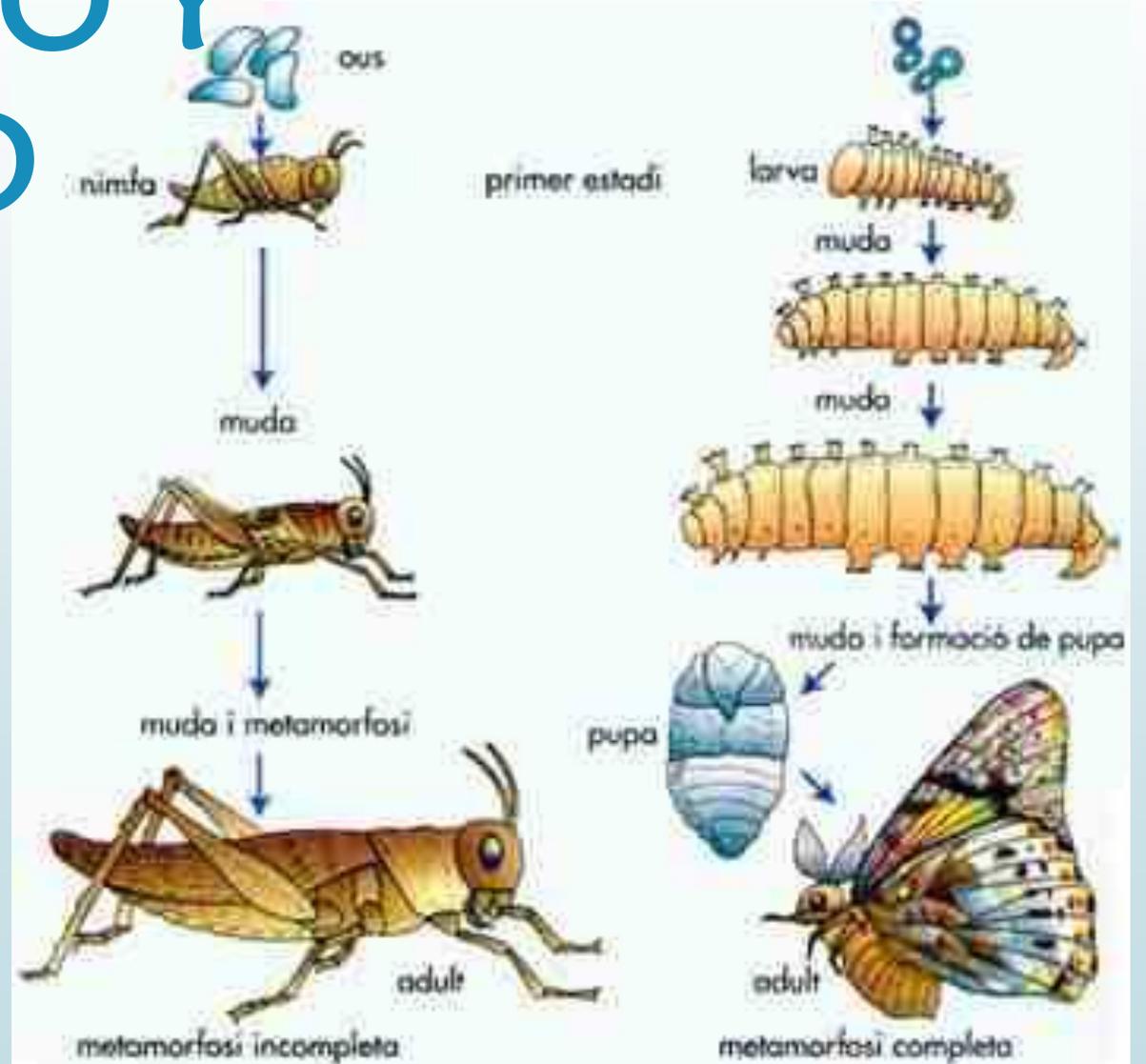
MECANISMO DE ACCIÓN

- El GABA es un importante neurotransmisor inhibitorio en el SNC y las sinapsis neuromusculares.
- • La entrada de iones Cl^- con carga negativa tiene un efecto inhibitorio, contrarrestando las señales excitatorias.
- Se produce el bloqueo de los canales de cloro regulados por GABA y GLUTAMATO.
- Al no ingresar Cl^- , las neuronas se sobreestiman.

CARACTERÍSTICAS

- **EN LA PLANTA:** poseen sistemía por raíz y hojas
- **EN EL INSECTO:** actúan por contacto.
- **SÍNTOMAS:** producen inactividad, parálisis y muerte luego de las 48 hs
- **EJEMPLOS:** Fipronil y Ethiooprole
- **CULTIVOS Y PLAGAS:** pasturas, soja, girasol, sorgo, arroz. Control de hormigas, grillos y tucuras.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO



CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El desarrollo de los insectos está controlado por el equilibrio de dos hormonas principales

Hormona Juvenil

Ecdisona

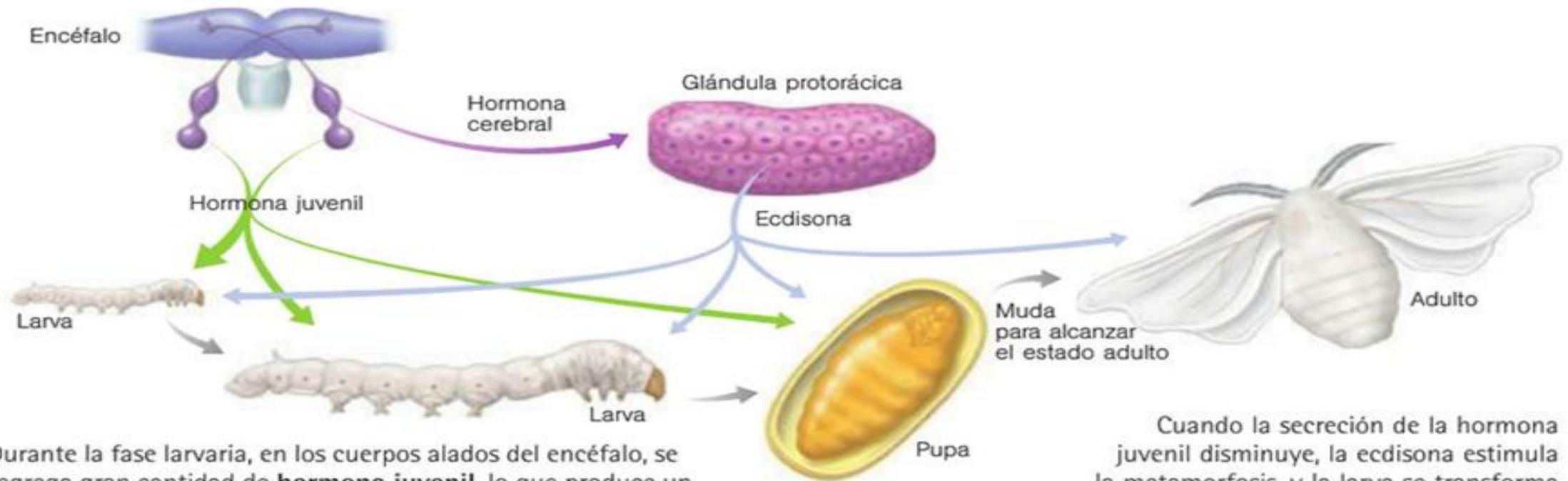
Actúan imitando alguna de estas hormonas o perturbando la formación/deposición de la cutícula o biosíntesis de lípidos.



PROCESOS DE MUDA- HORMONAS

- ▶ Los insectos poseen un exoesqueleto que contiene quitina en su composición
- ▶ El exoesqueleto no puede expandirse, por lo tanto, el insecto debe ir reemplazando dicho esqueleto a lo largo de sus diferentes estadios de crecimiento
- ▶ Los procesos de muda requieren de la síntesis de quitina para permitir el crecimiento y desarrollo del insecto
- ▶ La muda se realiza bajo el estricto control de las hormonas

En Artrópodos el crecimiento del animal implica que el exoesqueleto sea cambiado por uno nuevo, de mayor tamaño. A este proceso se le denomina muda o ecdisis. La muda es controlada por mecanismos hormonales.



Durante la fase larvaria, en los cuerpos alados del encéfalo, se segrega gran cantidad de **hormona juvenil**, lo que produce un aumento de tamaño manteniendo las características larvarias.

Cuando la secreción de la hormona juvenil disminuye, la ecdisona estimula la metamorfosis, y la larva se transforma en pupa y, posteriormente, en adulto.

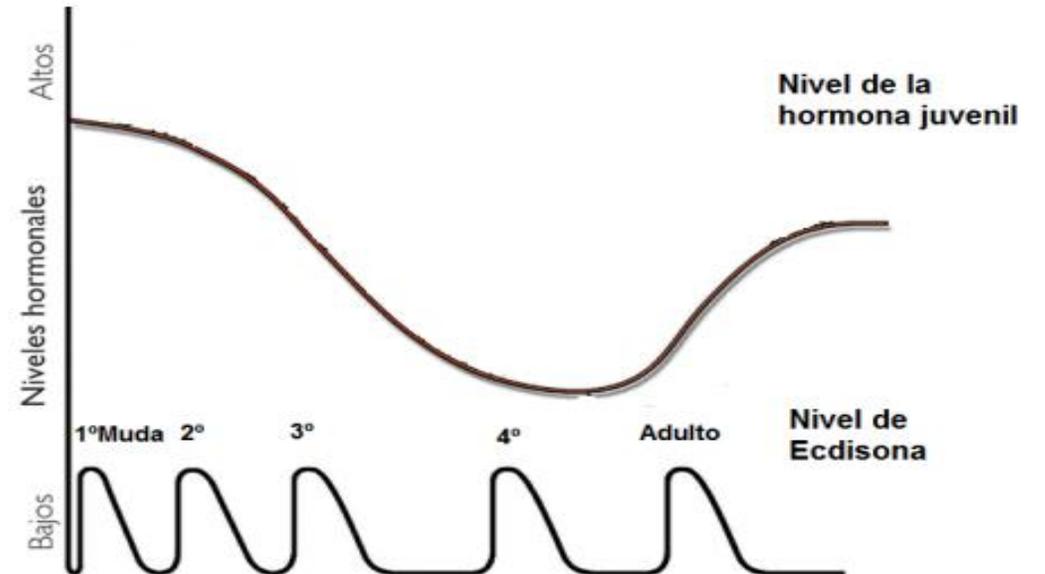
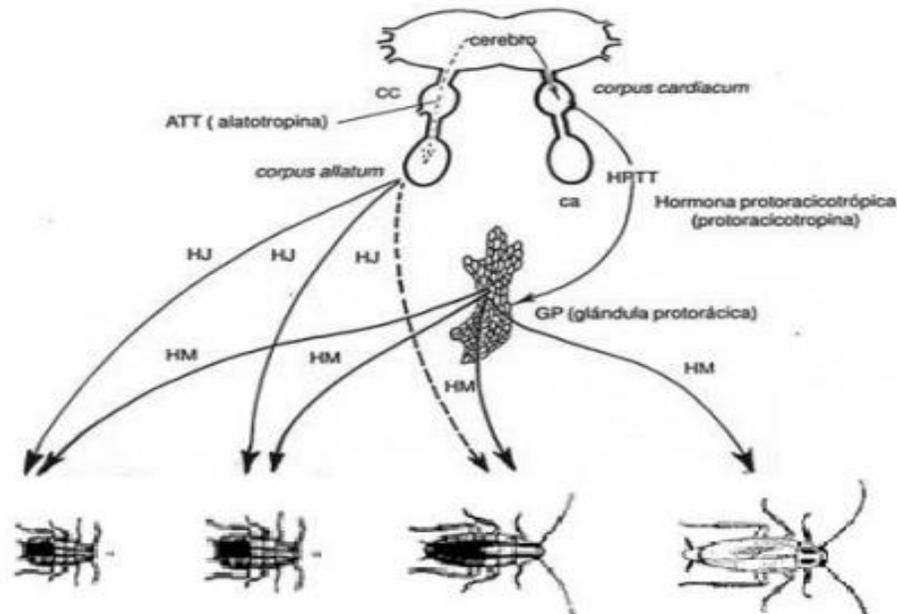
HORMONAS

► ECDISONA

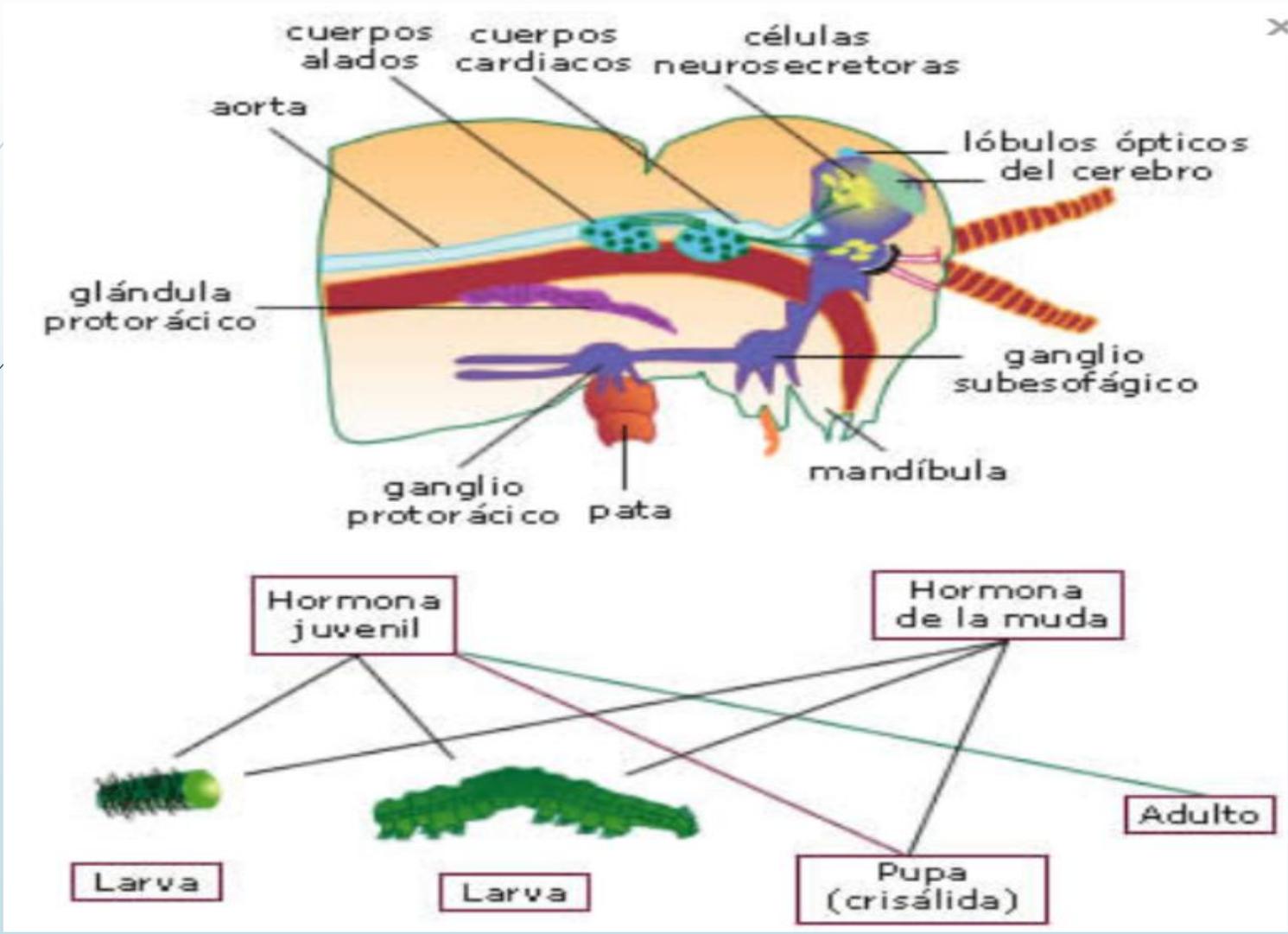
- Es producida por la glándula pro-torácica en el tórax
- Los pulsos de ecdisona son los que permiten la muda

► HORMONA JUVENIL

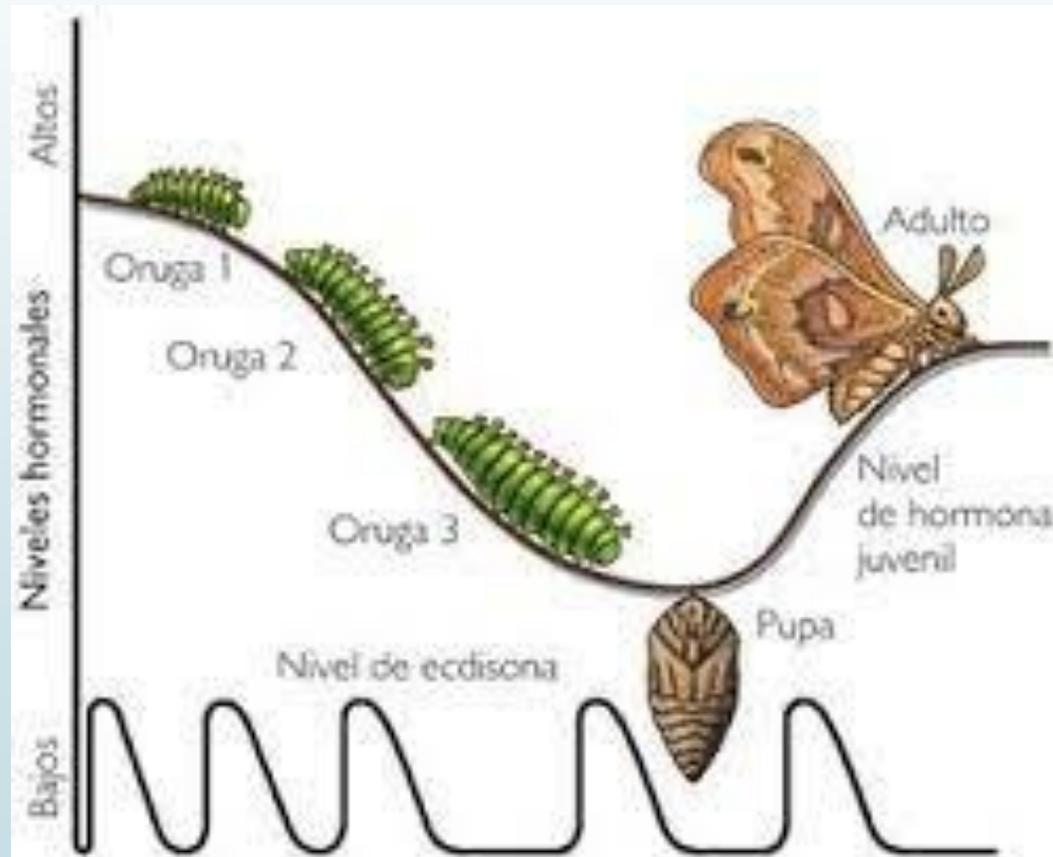
- Previene la muda a una etapa más madura
- Su producción se detiene durante la metamorfosis



SISTEMA ENDÓCRINO INSECTOS



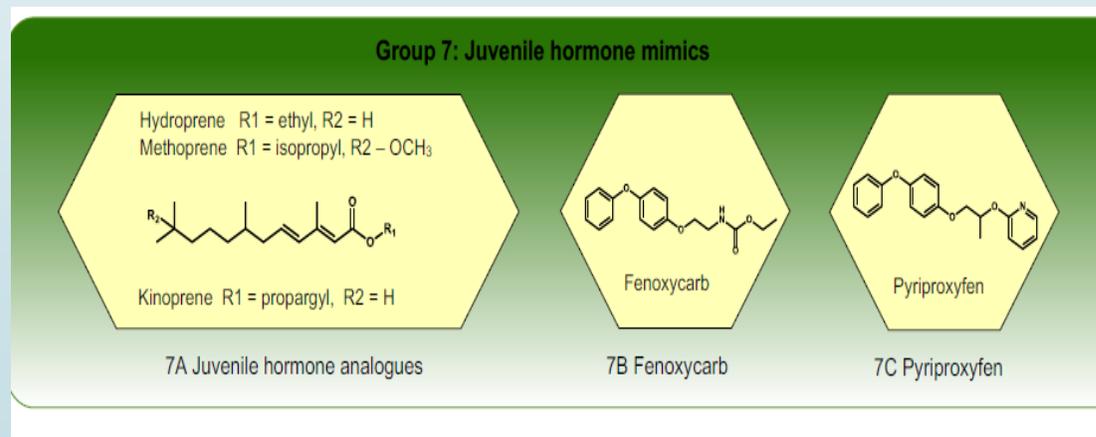
VARIACIÓN DE NIVELES HORMONALES



MIMÉTICOS DE LA HORMONA JUVENIL

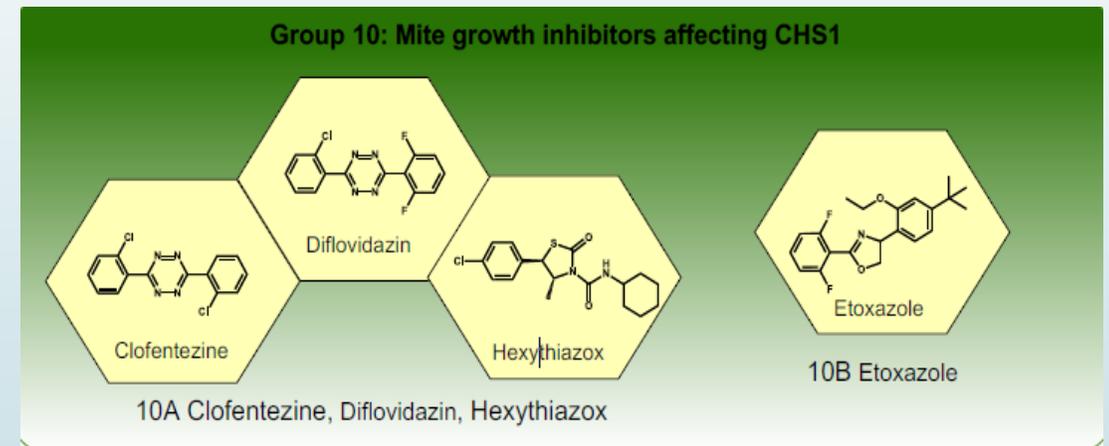
Perturban el normal ciclo del insecto (etapas morfogénesis, embriogénesis y reproducción)

- **Plagas que controlan:** Cochinillas, moscas blancas, áfidos, trips y algunos lepidópteros (*Plutella sp.*)
- **Acción en la plaga:** de contacto e ingestión
- **Acción en la planta:** de contacto y translaminar
- **Cultivos:** cítricos (limón), tomate
- **Ejemplos:** Pyriproxifen y Fenoxicarb



INHIBIDORES DEL CRECIMIENTO DE ÁCAROS

- Son reguladores del crecimiento y esto lo hacen interfiriendo en el crecimiento y diferenciación celular. De esta manera se ven afectadas tanto la formación del embrión como la maduración. Los huevos no eclosionan. Controlan estados inmaduros
- Ejemplos: Clofentezine y Hexythiazox
- Cultivos: manzano, pera, cultivos hortícolas
- Acción en el ácaro: contacto e ingestión
- Acción en la planta: contacto y translaminar



INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE QUITINA IQ TPO 0

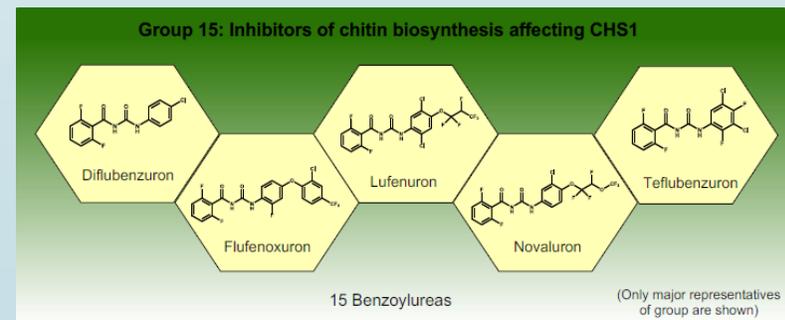
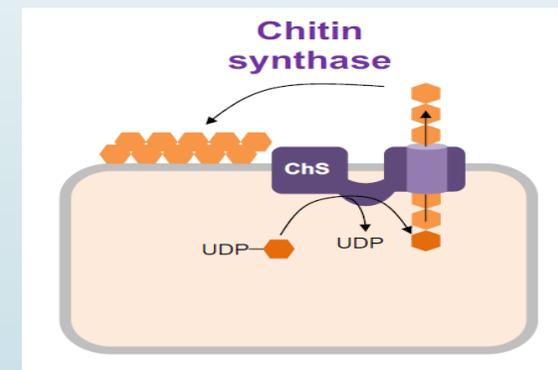
Benzoilureas

- Producen el bloqueo de la polimerización de la UDP-N acetilglucosamina por inhibición de la etapa de transporte
- **Síntomas:** las cutículas de los individuos es anormal ya que pierden la habilidad de formar quitina, la cutícula es delgada y quebradiza. Apéndices de órganos sexuales deformados
- **Ejemplos:** Bistrifluron, Clorfluazuron Diflubenzuron, Flufenoxuron, Lufenurón, Novaluron, Teflubenzuron y Triflumuron.

Cultivos: tomate, algodón, maíz, soja, manzana, pera.

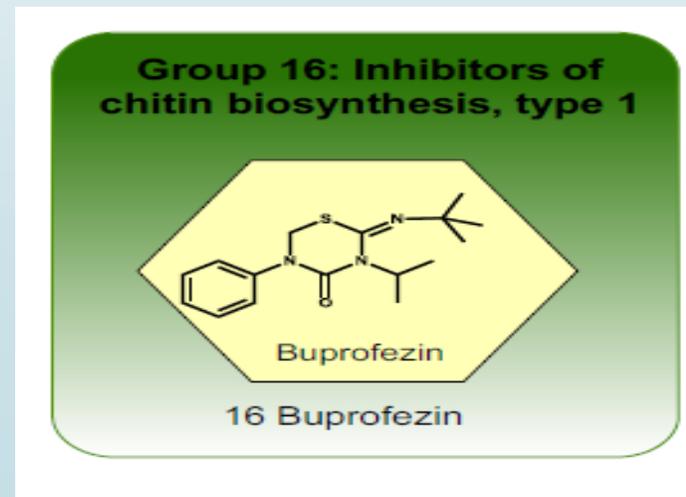
Acción en la plaga: contacto e ingestión.

Acción en la planta: de contacto



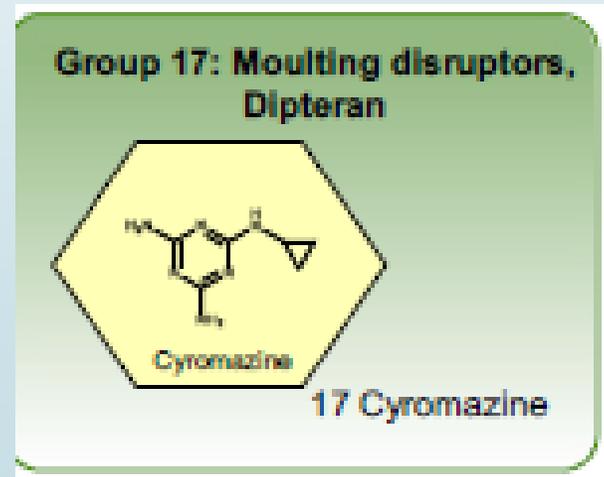
INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE QUITINA TIPO 1

- ▶ Buprofezin (derivado de la tiadiazinona)
- ▶ Inhibe la formación de la quitina, afecta la regulación hormonal y a la AchE
- ▶ Poseen mayor eficacia al estado de ninfa, el insecto muere al cambio de muda
- ▶ Utilizado en cultivos florales, ornamentales, tomate
- ▶ **Controla:** cochinillas y moscas blancas
- ▶ **Acción en el insecto:** de contacto e ingestión
- ▶ **Acción en la planta:** de contacto



PERTURBADOR DE LA MUDA DE DÍPTEROS

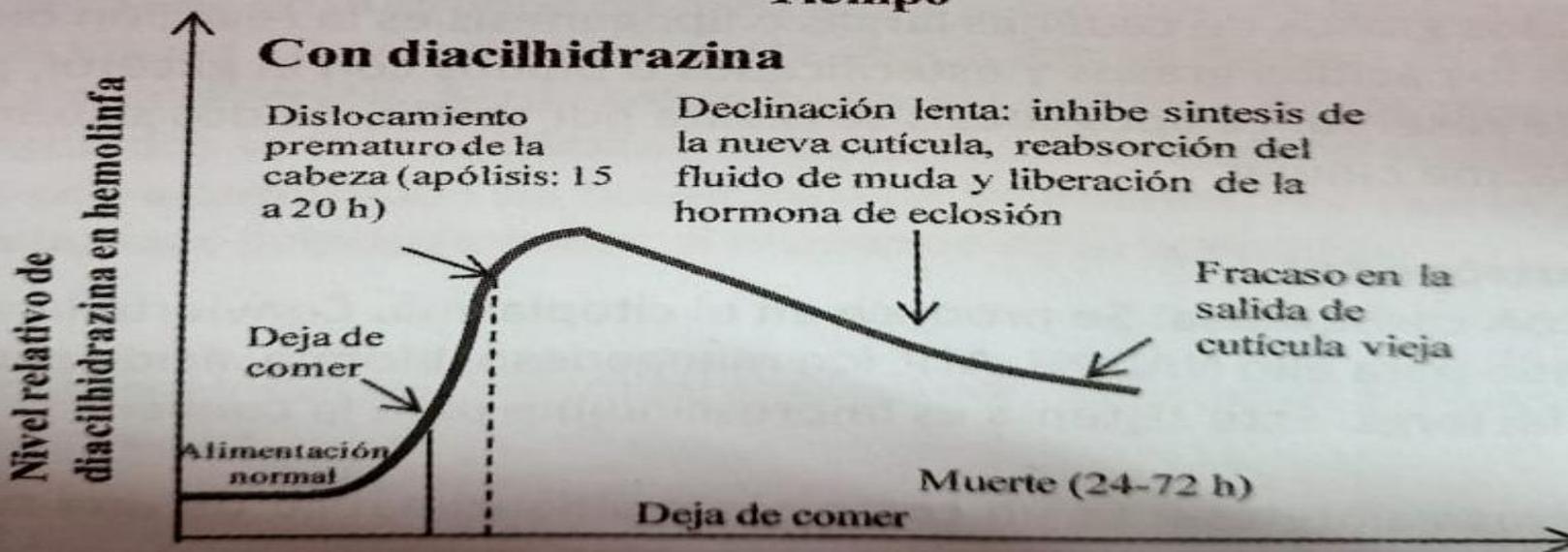
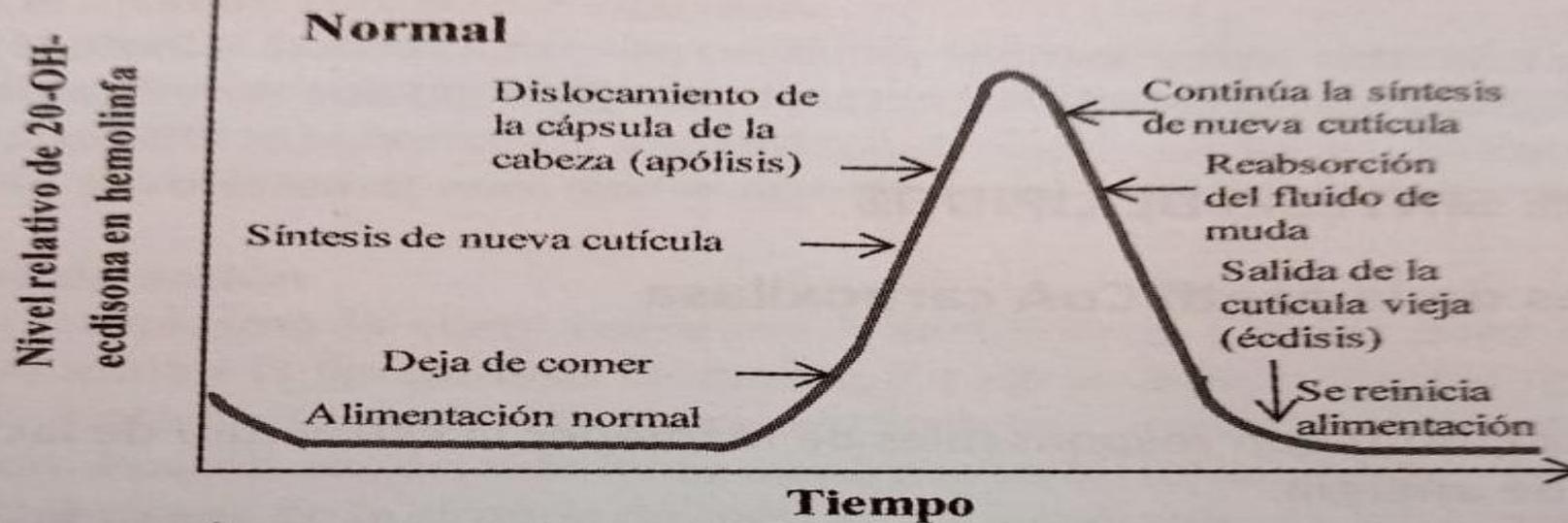
- ▶ Actúan como larvicidas. Inhibe la síntesis de quitina e interfiere en su deposición en la nueva cutícula, después de la muda.
- ▶ **Acción en la plaga:** de contacto contacto
- ▶ **Acción en la planta:** por contacto y translaminar.
- ▶ **Cultivos:** florales, ornamentales, tomate, hongos comestibles, bulbos de cebolla
- ▶ **Plagas:** cochinillas y moscas blancas, larvas minadoras (*Planococcus* y *Lyriomyza*)
- ▶ **Ejemplo:** Ciromazina



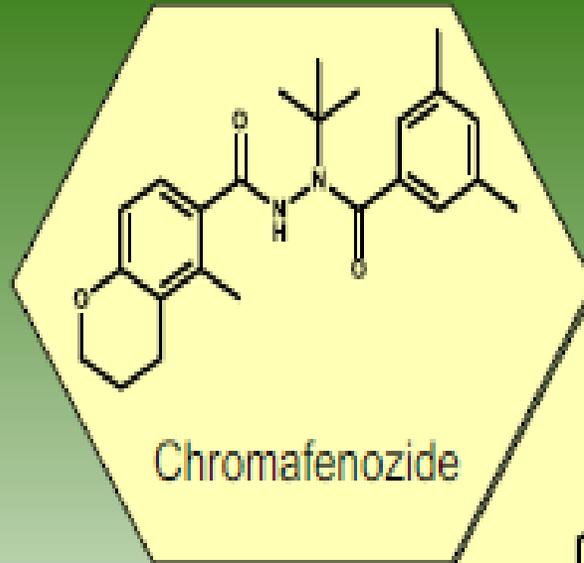
AGONISTAS DE LOS RECEPTORES DE LA ECDISONA

- Compuestos aceleradores de la muda (CAM)
- Se acoplan al mismo receptor que la hormona y desencadenan la transcripción de genes de formación de hormona, en consecuencia, se aceleran los procesos de muda y metamorfosis
- **Síntomas:** los insectos dejan de alimentarse, se activan de manera continua los receptores de la ecdisona, la muda es precoz, aparatos bucales sin desarrollo
- **Acción en insectos:** huevos y larvas por ingestión y contacto. Adultos: efecto subletal
- **Acción en la planta:** de contacto, translaminar
- **Cultivos:** algodón, manzano, peral, tabaco, tomate, soja, frutales
- **Plagas:** lepidópteros, coleópteros
- **Ejemplos:** Tebufenozide, Halofenozide y Metoxifenozide

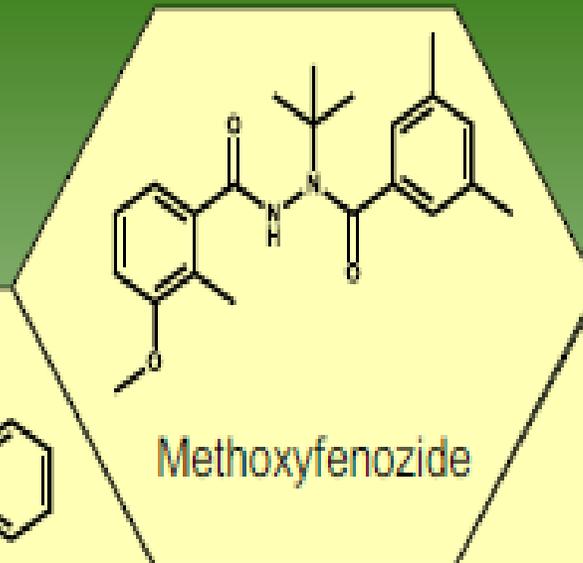
Muda de un lepidóptero



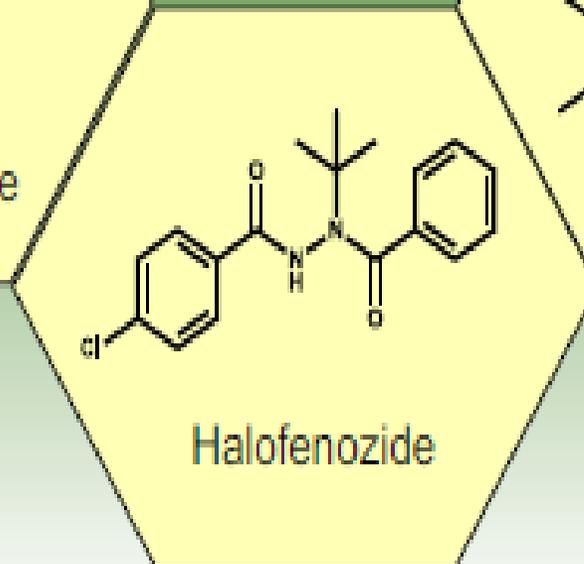
Group 18: Ecdysone receptor agonists



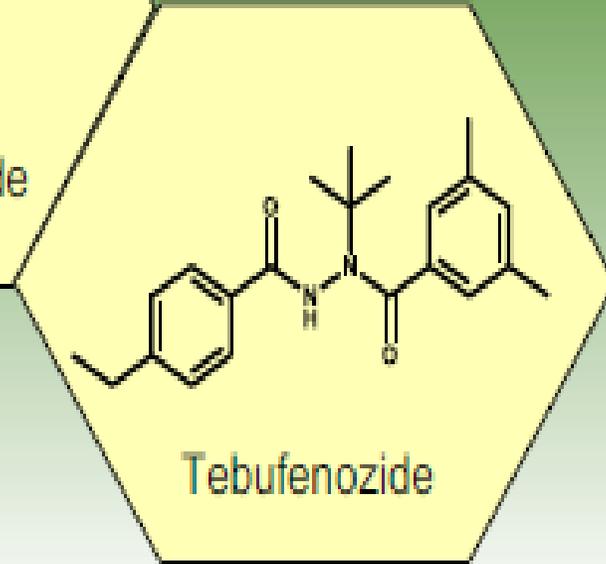
Chromafenozide



Methoxyfenozide



Halofenozide

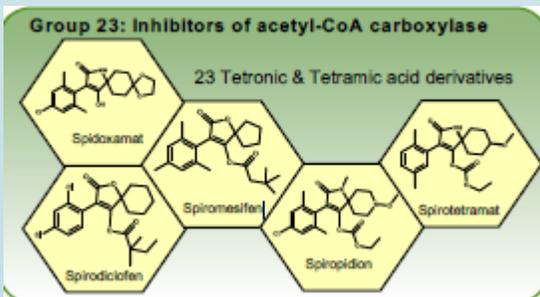


Tebufenozide

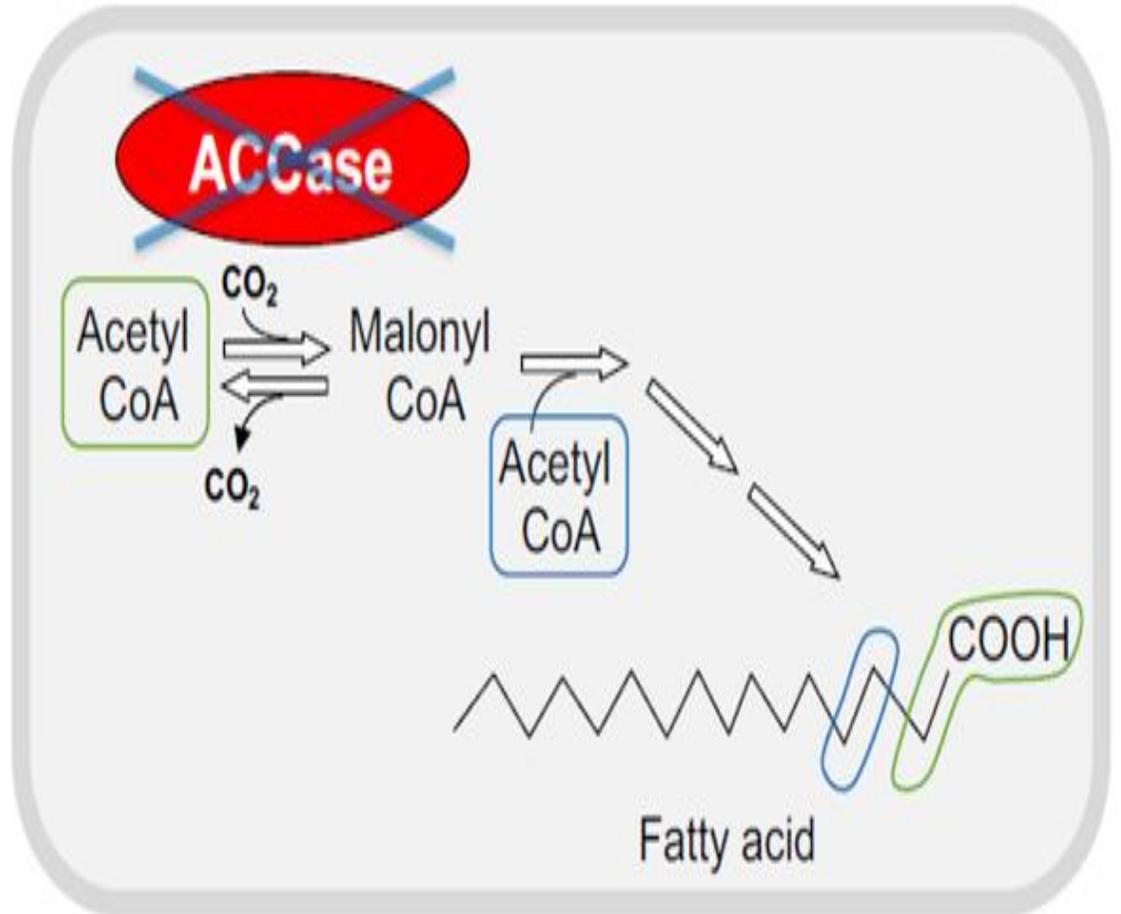
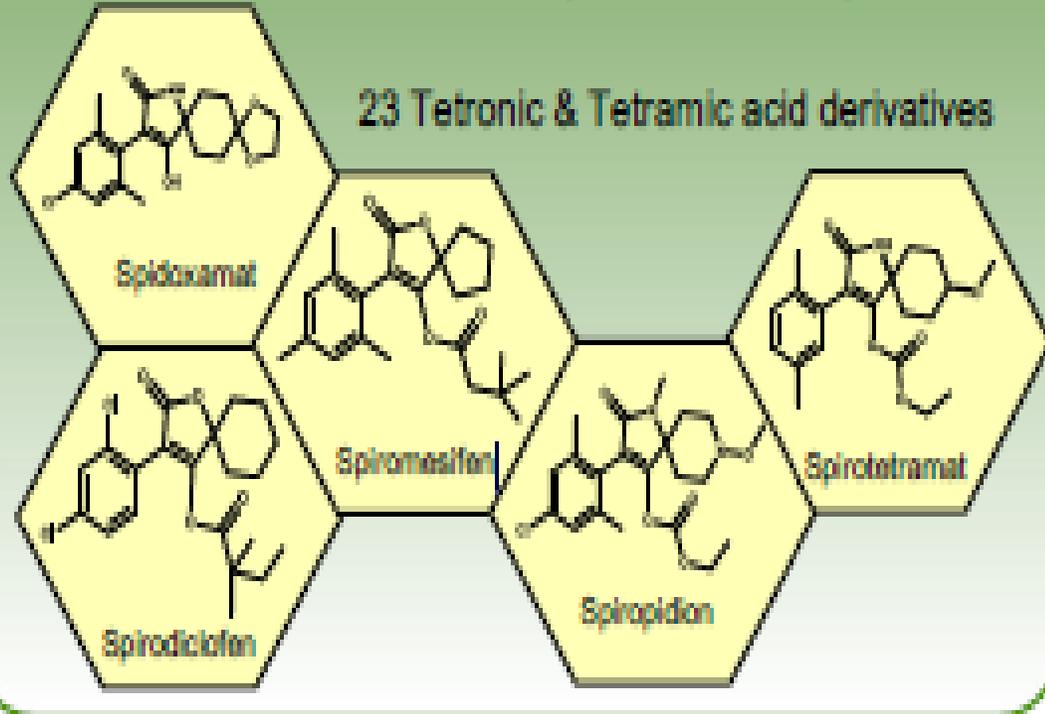
18 Diacylhydrazines

INHIBIDORES DE LA ACETIL CoA CARBOXILASA

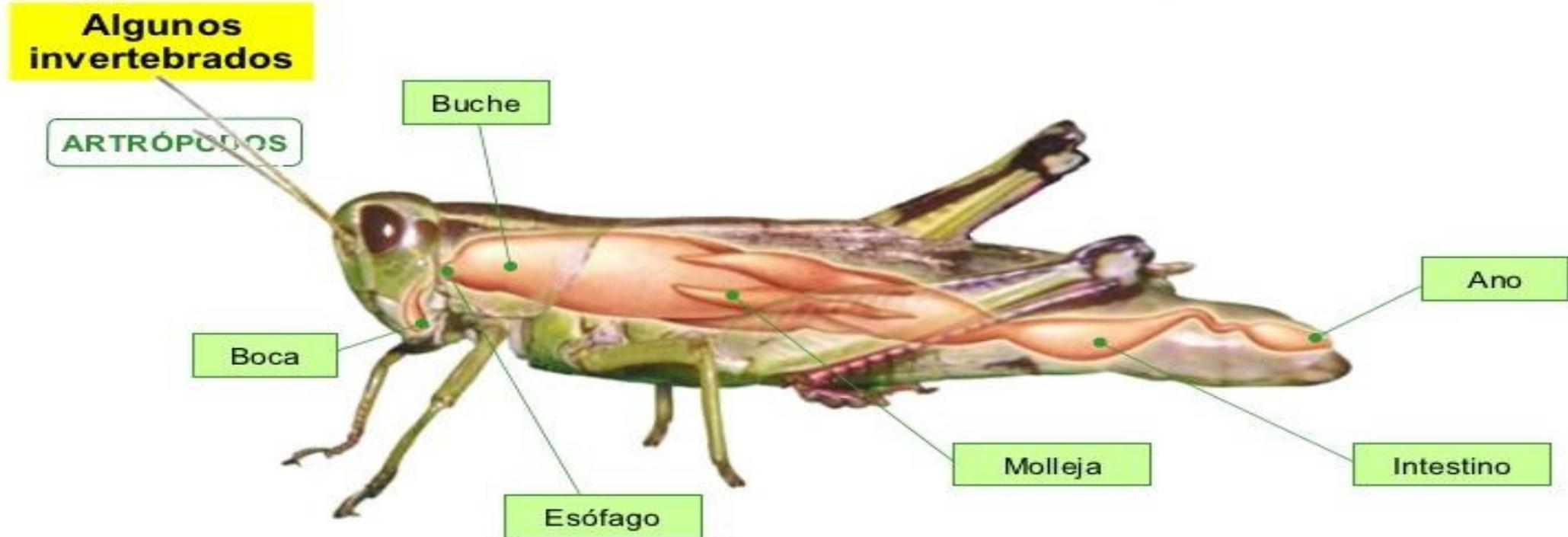
- Inhibe la acción de la Acetil coenzima A carboxilasa en el citoplasma, es el primer paso de la biosíntesis de lípidos. No se forma la membrana celular, se interrumpe la metamorfosis
- Actúa en todos los estadios de plagas, se nota hinchazón en el cuerpo del insecto, patas flácidas.
- **Plagas que controla:** pulgones, piojo de san José, cochinillas, moscas blancas
- **Cultivos:** manzano, naranjo, pera, nectarina, ciruelo, duraznero, pimiento, vid.
- Acción en el insecto: contacto e ingestión
- **Acción en la planta:** de contacto. Spirotetramat posee doble sistemia
- **Ejemplos:** Spirodiclofen y Spirotetramat.



Group 23: Inhibitors of acetyl-CoA carboxylase

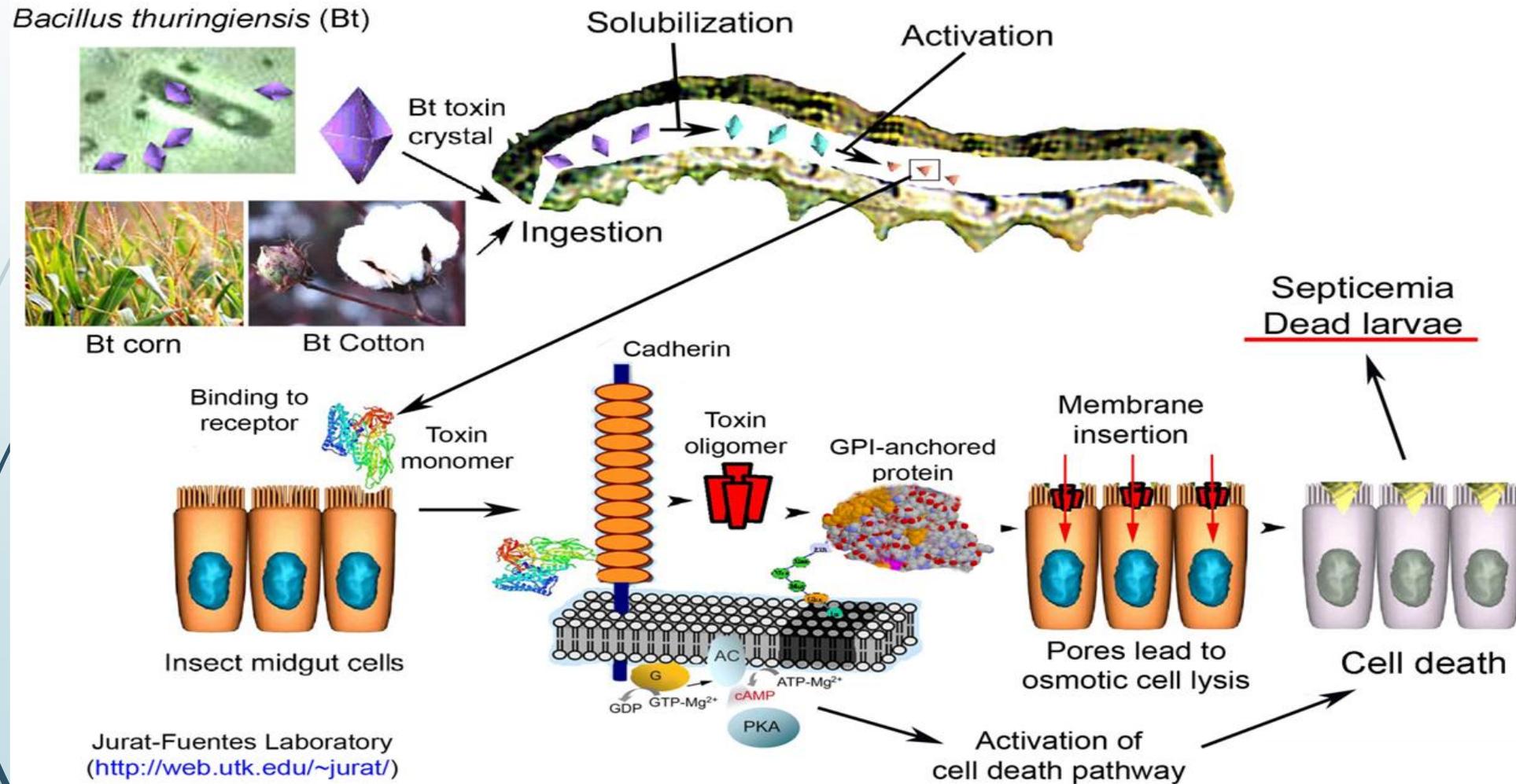


SISTEMA DIGESTIVO

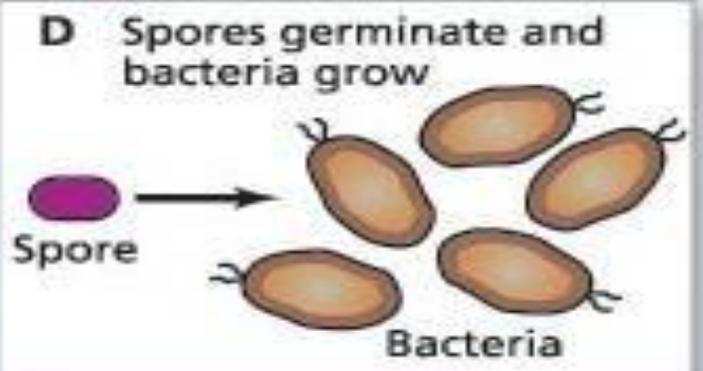
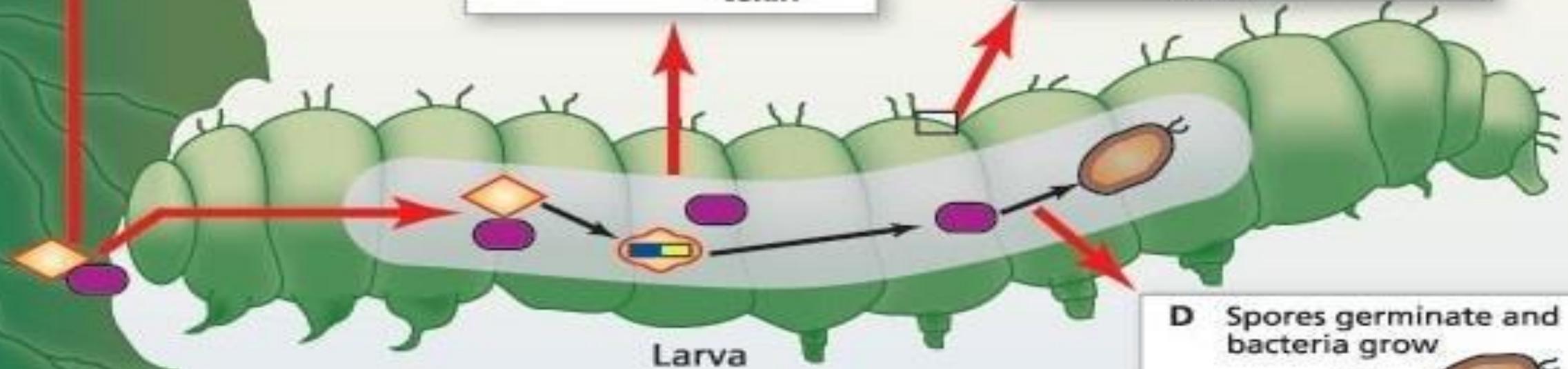
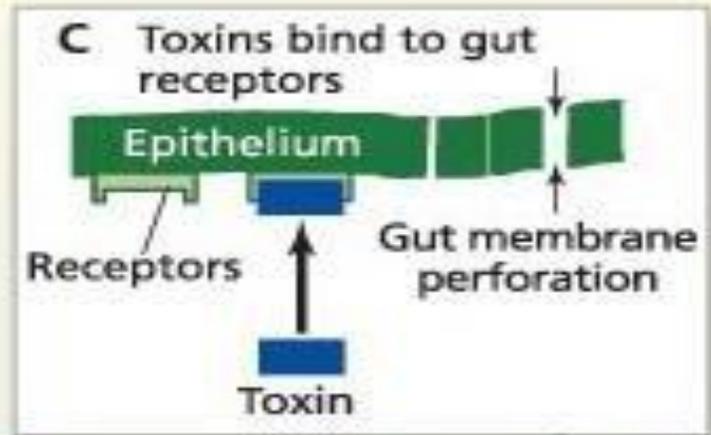
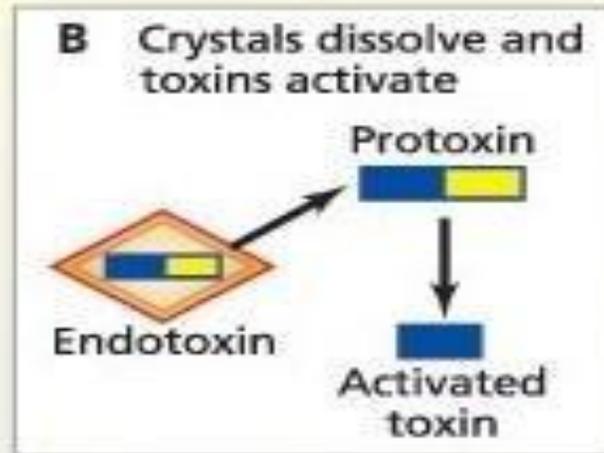
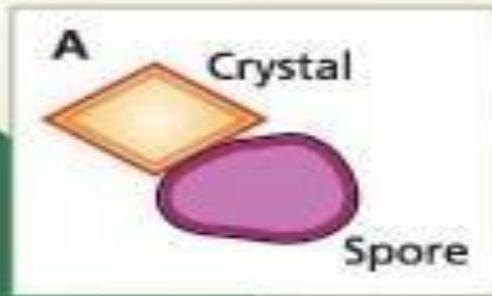


Tienen digestión extracelular en el tubo digestivo, que empieza en la **boca** con apéndices bucales, luego pasa al **estómago** con **buche** donde se mezclan con saliva, pasan a la **molleja** donde se trituran, en el **intestino** se absorben y el **ano** expulsa los restos

DISRUPTORES DEL REVESTIMIENTO INTESTINAL



B. thuringiensis Life Cycle

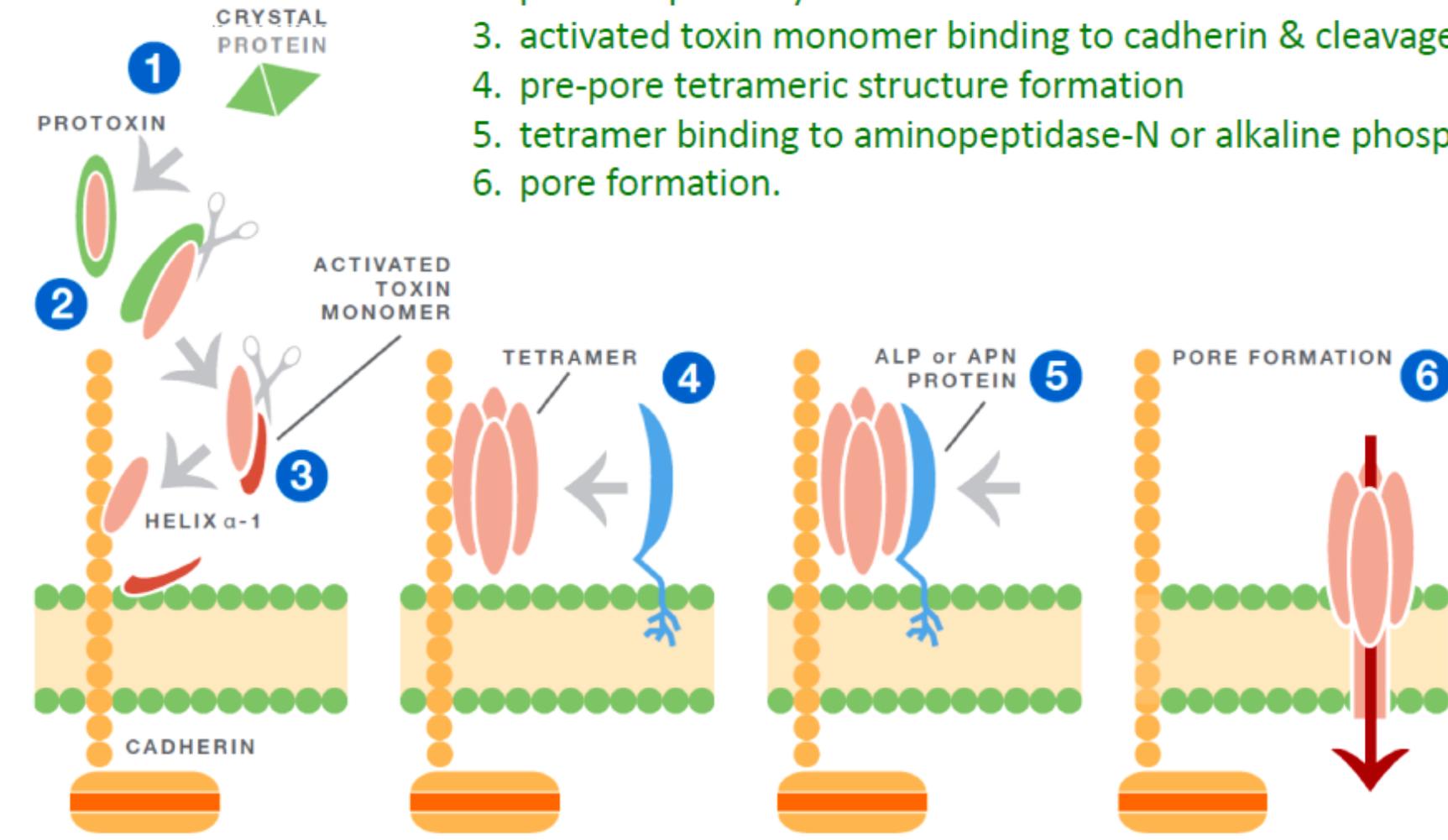


ETAPAS DE LA ACCIÓN DE BT

- ▶ La acción se realiza después de que se liberan los cristales (luego de la ingestión) en el intestino medio, en forma de paquetes.
- ▶ Provoca la lisis de células epiteliales del intestino medio a través de diferentes mecanismos.
- ▶ El resultado es la pérdida de la integridad del intestino medio y muerte del insecto

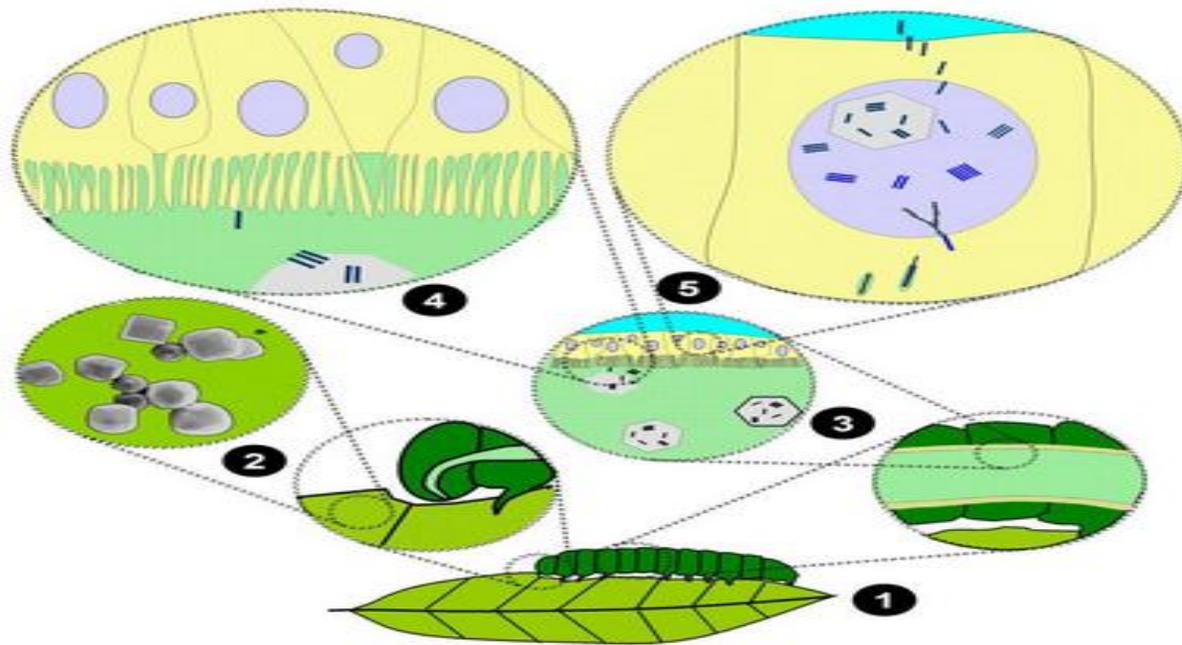
ACCIÓN DE LOS CRISTALES DE BT

1. crystal solubilization
2. protoxin proteolytic activation
3. activated toxin monomer binding to cadherin & cleavage of helix α -1
4. pre-pore tetrameric structure formation
5. tetramer binding to aminopeptidase-N or alkaline phosphatase
6. pore formation.



MODO DE ACCIÓN DE BACULOVIRUS

PROCESO DE INFECCIÓN



- 1** Insecto alimentándose de hojas con virus
- 2** Cuerpos de inclusión (OBs) sobre la hoja
- 3** Intestino de la oruga (pH básico)
- 4** Viriones derivados de los cuerpos de inclusión (ODVs) atacan las células epiteliales del intestino
- 5** Replicación del virus en las células del insecto. Producción de viriones germinados (BVs) y cuerpos de inclusión (OBs)

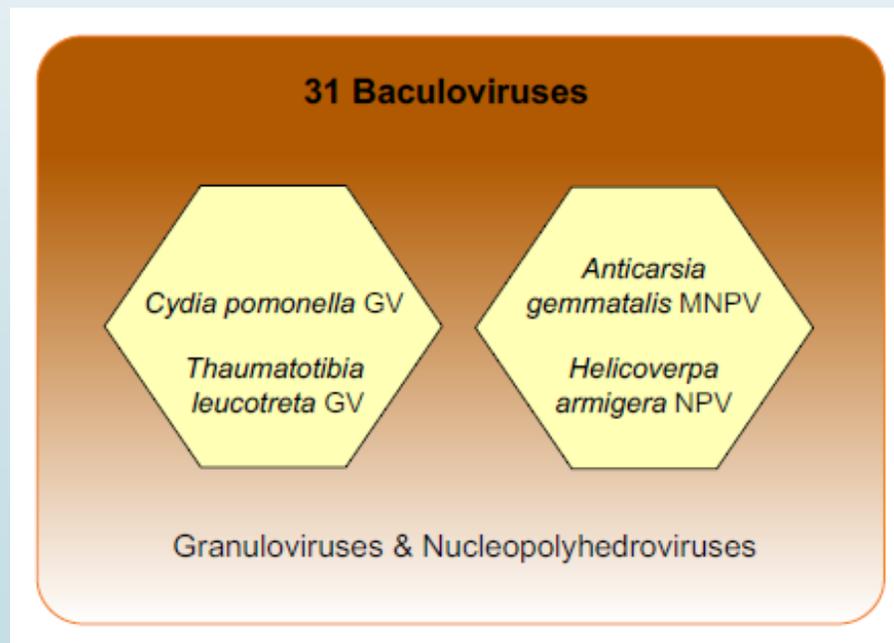
- Viriones
- Cuerpo de inclusión
- Núcleo
- Citoplasma
- Hemolinfa
- Cavidad intestinal
- Planta

ESTRUCTURA



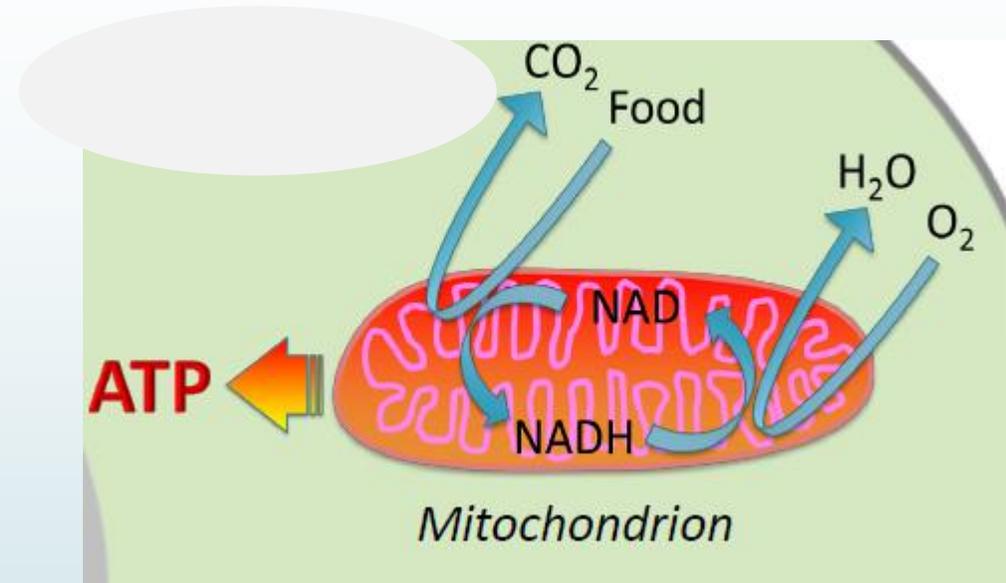
BACULOVIRUS

- Granulovirus y Nucleopliedriosis
- Son muy específicos
- *Cydia pomonella*; *Thaumatotibia leucotreta*
- *Anticarsia gemmatalis*; *Helicoverpa armígera*

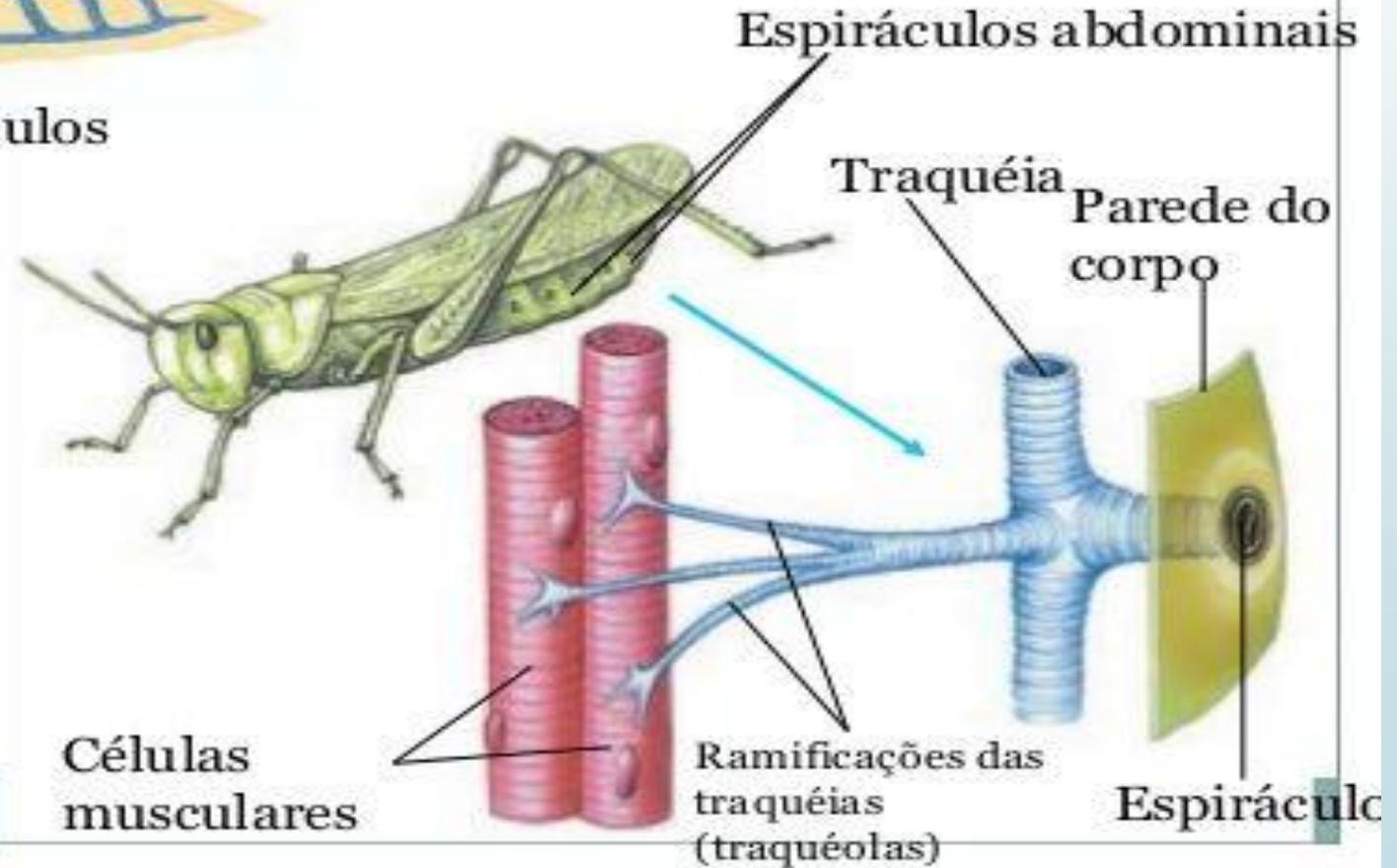
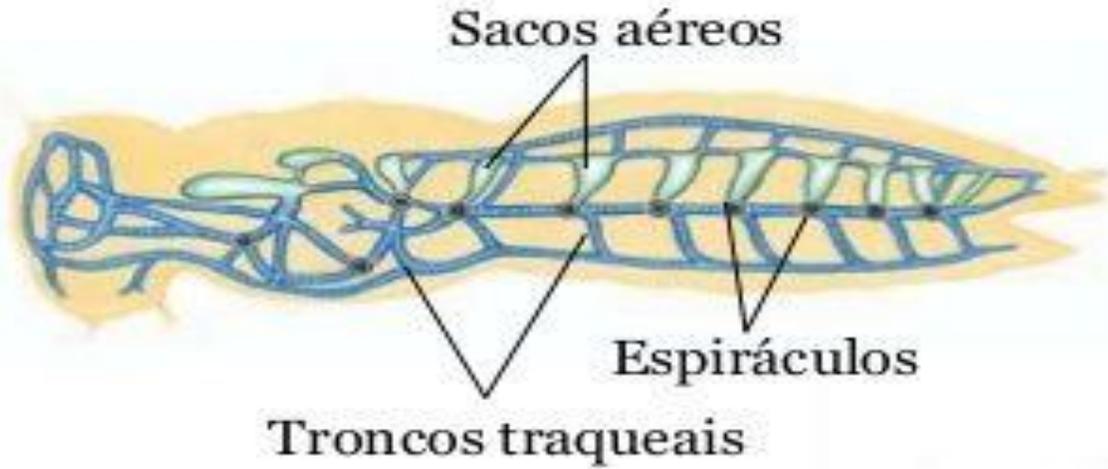


RESPIRACIÓN

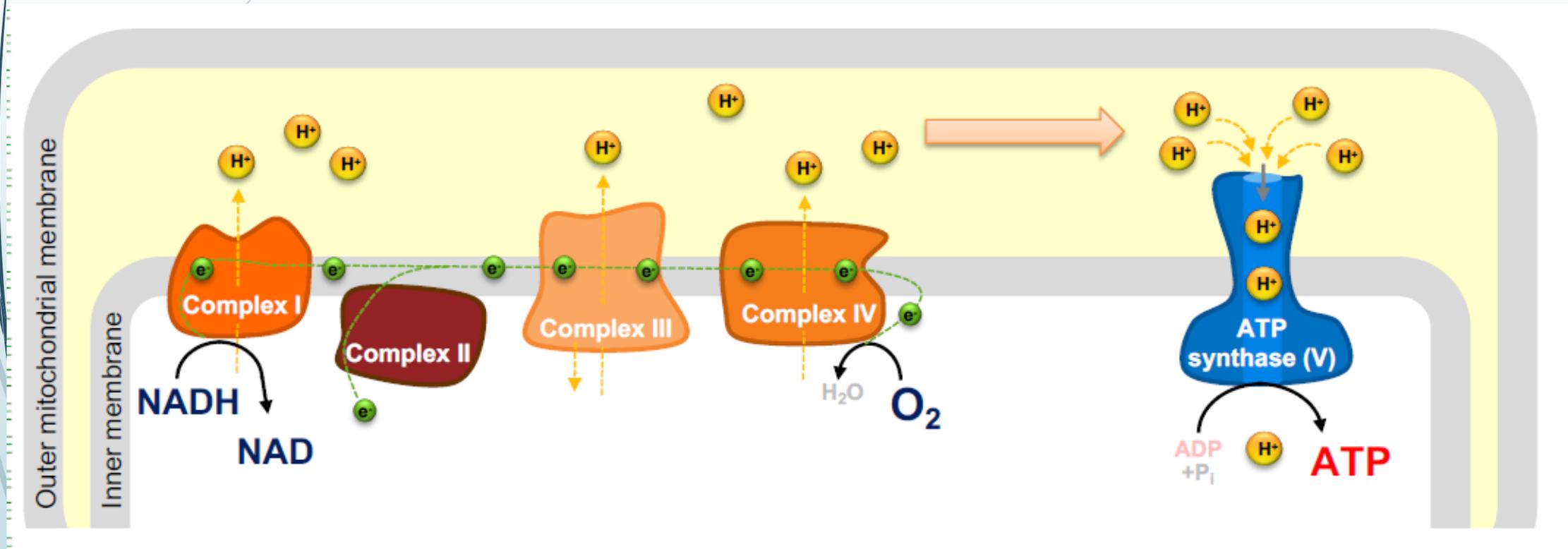
- Consiste en un sistema de tráqueas que se ramifican en traqueolas y llegan a todas las células.
- El oxígeno entra en las tráqueas a través de los espiráculos o estigmas y por ellos también sale CO₂.



SISTEMA TRAQUEAL DE UM INSETO



INHIBIDORES DE LA RESPIRACIÓN

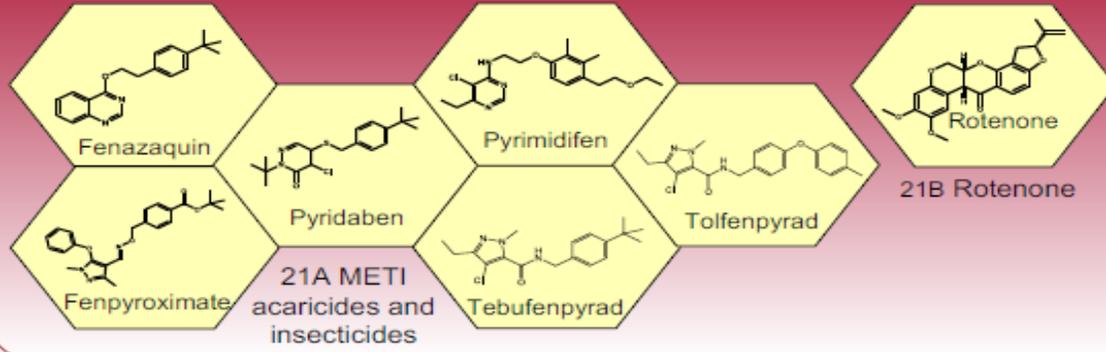


FUENTE IRAC

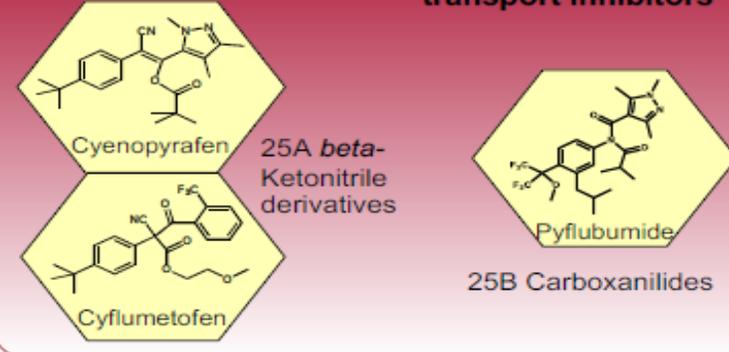
INHIBIDORES DE LA RESPIRACIÓN

- Inhibidores del complejo I-V
- **Acción:** la ATP sintasa mitocondrial (Complejo V) mata a las células que producen energía, previniendo la formación de ATP, dando como resultado la parálisis.
- **DIAFENTIUTON:** acaricida, de acción translaminar en el vegetal y de contacto e ingestión en ácaros.
- **ORGANOESTAÑADOS:** acaricida, de contacto, actúa por contacto e ingestión en plaga. (Azociclotin, Ciheatin y Fenbutatióón-óxido)
- **PROPARGITE:** acaricida que actúa por contacto e ingestión en ácaros y en la planta se comporta como producto de contacto.

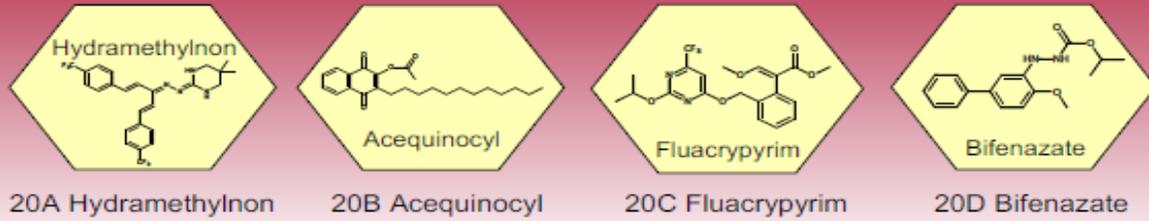
Group 21: Mitochondrial complex I electron transport inhibitors



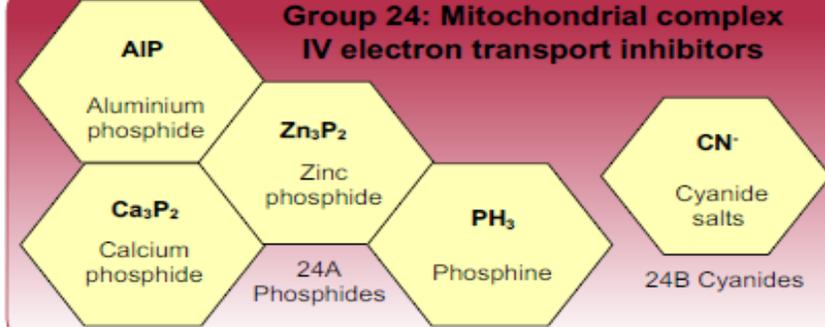
Group 25: Mitochondrial complex II electron transport inhibitors



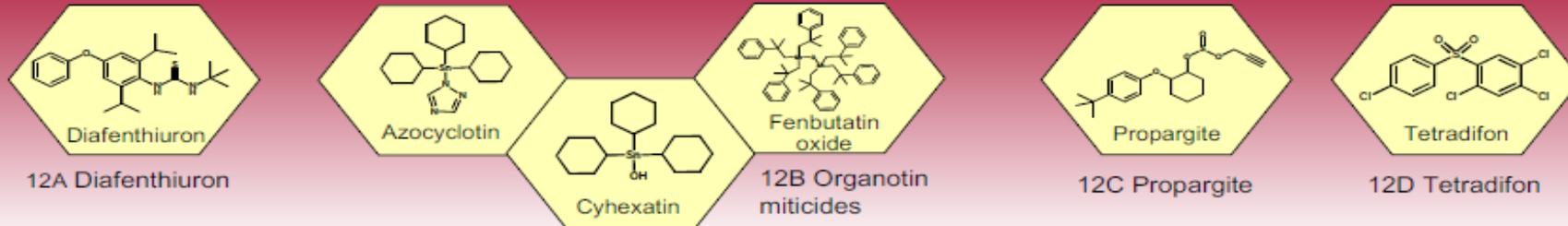
Group 20: Mitochondrial complex III electron transport inhibitors



Group 24: Mitochondrial complex IV electron transport inhibitors

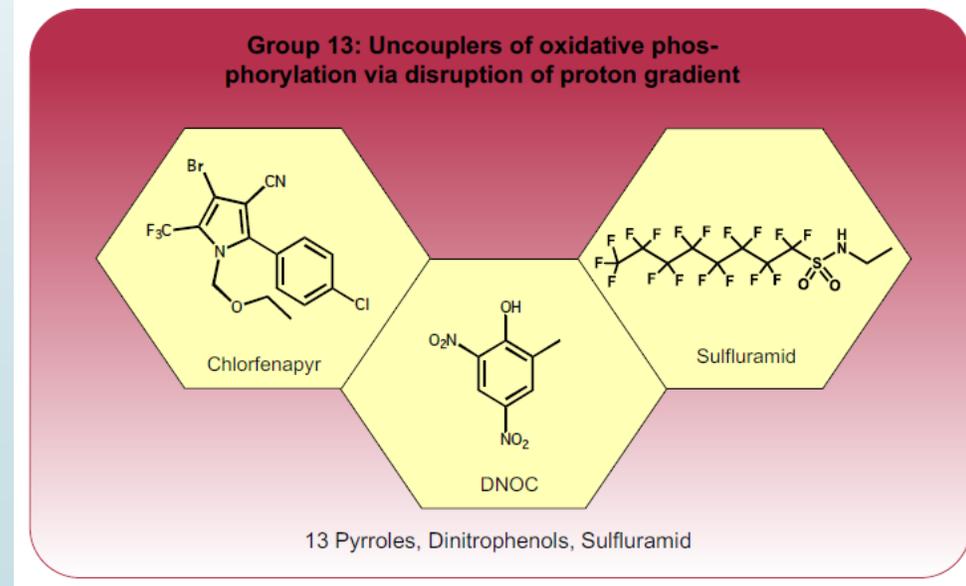
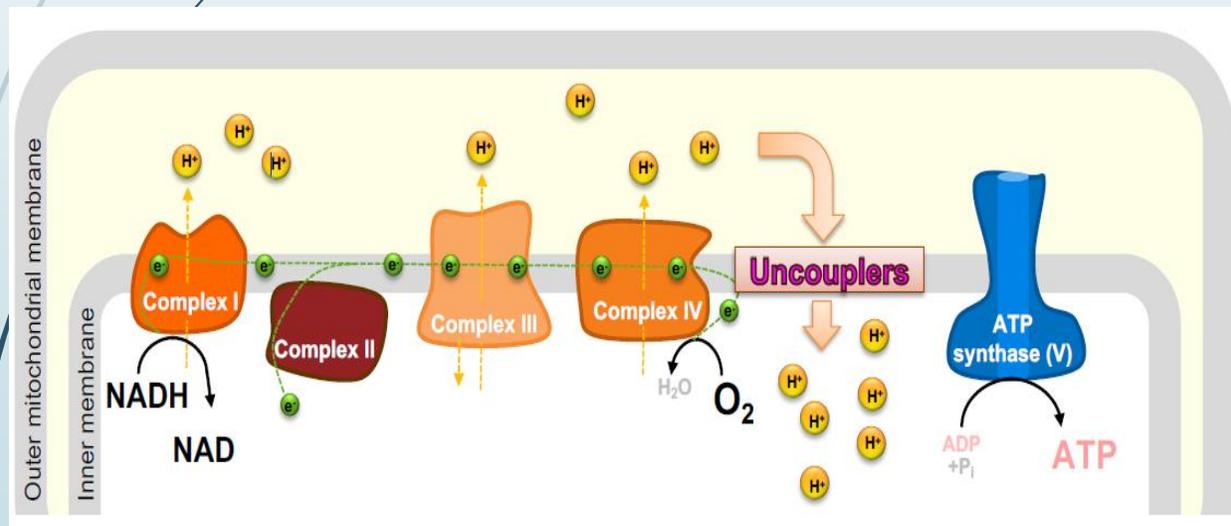


Group 12: Inhibitors of mitochondrial ATP synthase



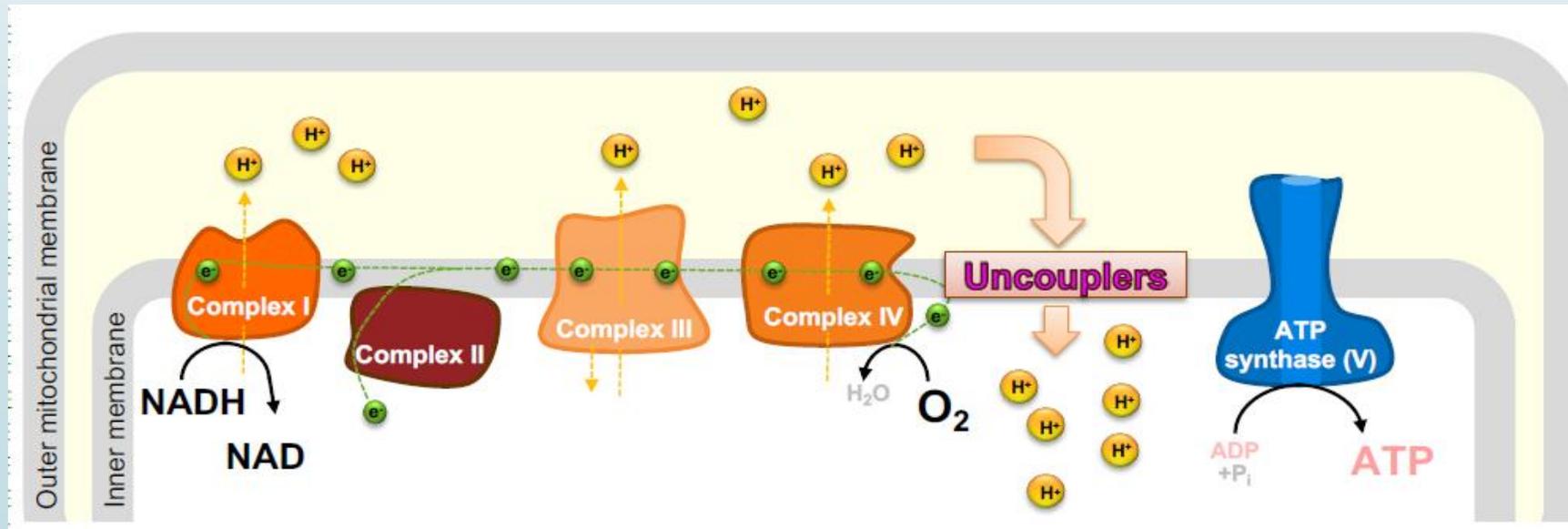
DESACOPLADORES DE LA FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

- Tienen la capacidad de transportar protones a través de la mitocondria interna, eliminando así el gradiente de protones
- La ATP sintasa ya no puede proporcionar ATP celular. Se acelera el consumo de O₂



DESACOPLADORES DE LA FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

- Se comportan como potentes inhibidores de la respiración mitocondrial. Como consecuencia, se pierde el ATP.
- Acción en la plaga: contacto e ingestión o sólo por ingestión.
- Acción en la planta: transaminar (Clorfenapir) y como cebo, sin acción en planta (Sulfloramida)
- Síntomas: inactividad, parálisis y muerte.
- Cultivos: algodón, frutales, tomate (control de orugas, minadoras) y como cebo (Sulfloramida) en jardines y forestales.



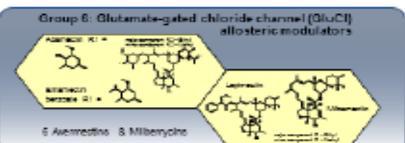
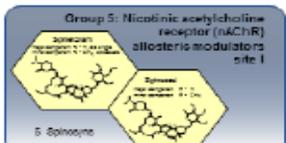
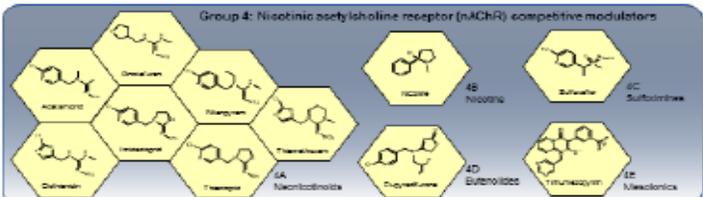
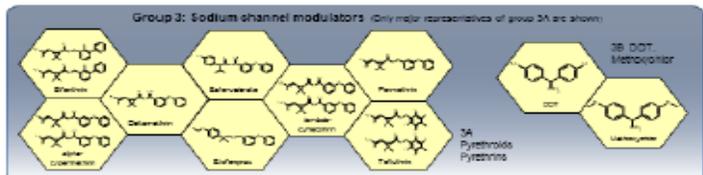
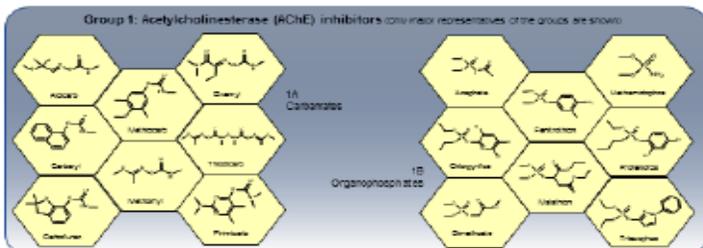
INHIBIDORES DEL COMPLEJO III, I Y IV DE ELECTRONES

- ▶ Estos compuestos actúan inhibiendo ya sea, el complejo III, el complejo I o el complejo IV de electrones en la respiración mitocondrial.
- ▶ Actúan por contacto, ingestión (en la plaga)
- ▶ **Complejo III:** Acequinocil (acaricida usado en frutales como manzana y pera, también en té)
- ▶ **Complejo I:** acaricidas. Fenpiroximato es de contacto, ingestión y translaminar, para control de arañuelas, ácaro rojo en cultivos ornamentales y frutales.; Fenazaquin actúa por contacto e ingestión en ninfas y adultos de arañuelas rojas en pera y manzana
- ▶ **Complejo IV:** Fosfina es un fumigante que controla plagas en granos almacenados

IRAC

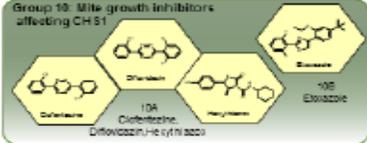
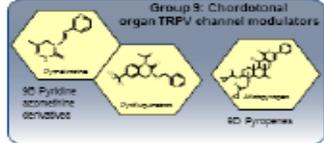
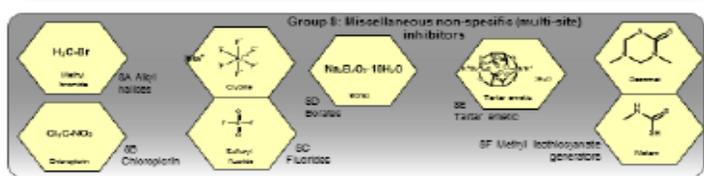
Insecticide Resistance Action Committee

Mode of Action Classification



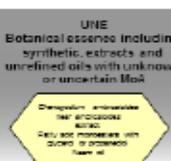
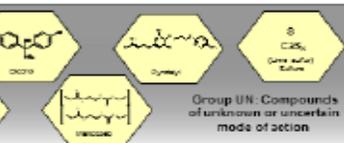
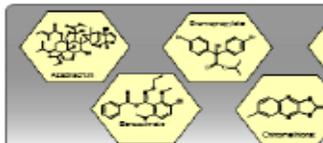
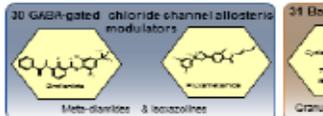
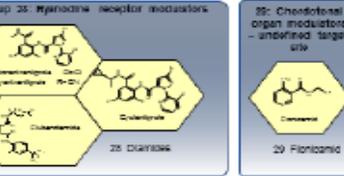
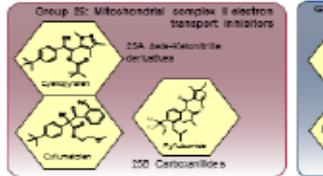
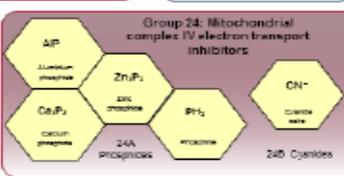
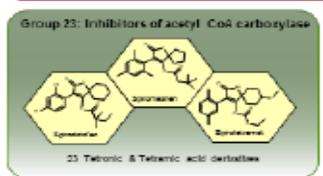
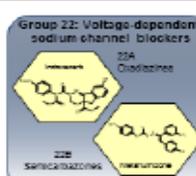
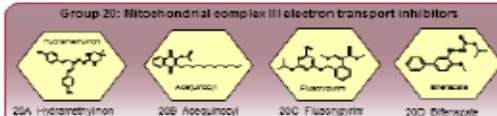
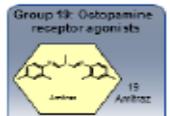
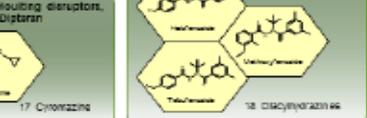
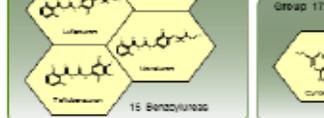
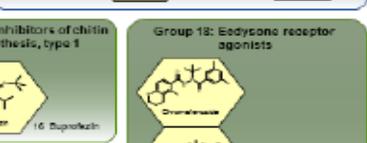
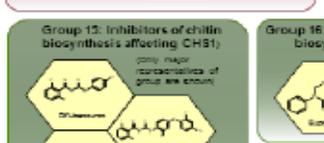
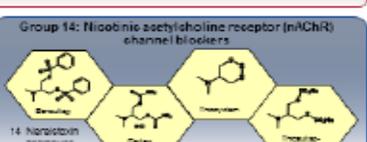
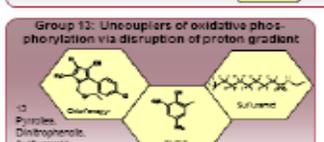
Use of Groups and Sub-Groups:

- Alternating sequence or rotation of compounds between MoA groups reduce selection for target site resistance.
- Applications are arranged into MoA spray windows defined by crop growth stage and pest biology.
- General signs of a compound may be possible within each spray window, but successive generations of a pest should not be treated with compounds from the same MoA group.
- Local experts advise should always be followed with regard to spray windows and timing.
- Groups in the classification will use the letters do not act at a common target site are exempt from the prescription against rotation within the group. These are Group 5, Group 13 and all the UNG groups: UNG, UNGB, UNGC, UNGD, UNGE, UNGF, UNGG, UNGH, UNGI, UNGJ, UNGK, UNGL, UNGM, UNGN, UNGO, UNGP, UNGQ, UNGR, UNGS, UNGT, UNGU, UNGV, UNGW, UNGX, UNGY, UNGZ.
- Sub-groups represent distinct structural classes which are believed to have the same mode of action.
- Sub-groups provide differentiation between compounds that may bind at the same target site but are structurally different enough that risk of metabolic cross-resistance is lower than for close chemical analogues.
- Cross-resistance potential between sub-groups is higher than between groups, so rotation between sub-groups should be considered only when there are no alternatives, and only if cross-resistance does not exist, following consultation with local expert advice. These exceptions are not sustainable, and alternative options should be sought.
- Sub-group 3B DDT is no longer used in agriculture and therefore this is only applicable for the control of forest vectors of human disease, such as mosquitoes, because of a lack of alternatives.
- Sub-group 10A: Heptachlor is grouped with dieldrin because they exhibit cross-resistance even though they are structurally distinct. Dieldrin has been added to this group because it is a close analogue of dieldrin and is expected to have the same mode of action.



Group 11: Microbial disruptors (includes transgenic crops expressing Bt-like toxicogenic toxins (however, specific guidance for resistance management of transgenic crops is not based on rotation of modes of action)

11A BACULUS THURINGIENSIS
11B BACULUS SPANICULUS



Key to Targeted Physiology

■ Nerve & Muscle ■ Growth & Development ■ Respiration ■ Midgut ■ Unknown or Non-specific

Footer Note:

- Groups 26 and 27 are unassigned.
- The paper is for educational purposes only. Information presented is accurate to the best of our knowledge at the time of publication.
- IRAC or its member companies cannot accept responsibility for how this information is used or interpreted. Advice should always be sought from local experts or advisors, and users also carry responsibility for correct use.
- In some cases only representative compounds in groups are shown where indicated.
- Please visit www.iraq-online.org for the complete IRAC classification.

¿PREGUNTAS?





BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Arregui, M y E. Puricelli. 2018. Mecanismos de acción de plaguicidas. 4° ed. Rosario. Argentina.
- ▶ Viñuela, E., F. Budia y P. Del Estal. 1991. Los insecticidas reguladores del crecimiento y la cutícula. Bol. San. Veg. Plagas, 17: 391-400
- ▶ IRAC. 2019. Insecticide Mode of Action. Training slide deck. IRAC MoA Workgroup.