INSECTICIDAS



Clasificación de INSECTICIDAS

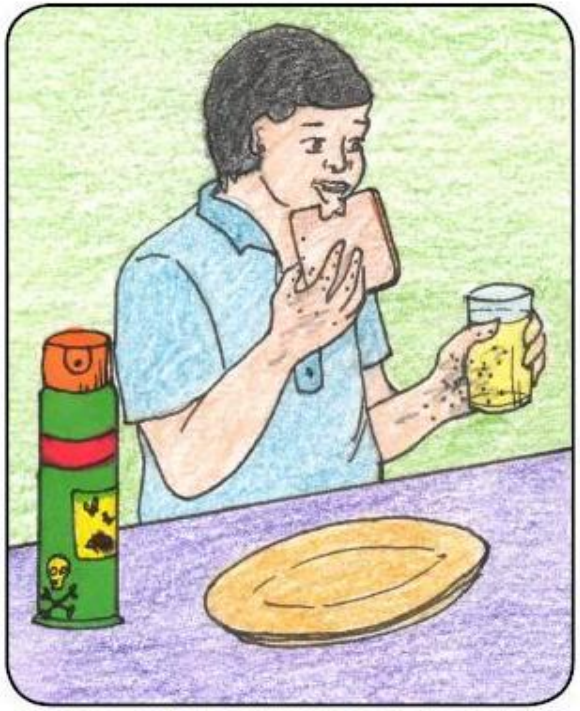
1. **Según vía de ingreso (Toxicocinética)**

2. **Según Toxicidad aguda – CL_{50} DL_{50}**

3. **Según GRUPOS QUÍMICOS Y MODO DE ACCIÓN (toxicodinamica)**

1. Según vía de ingreso (Toxicocinética)

- Por las vías respiratorias.
- Por la vía digestiva.
- A través de la cutícula.



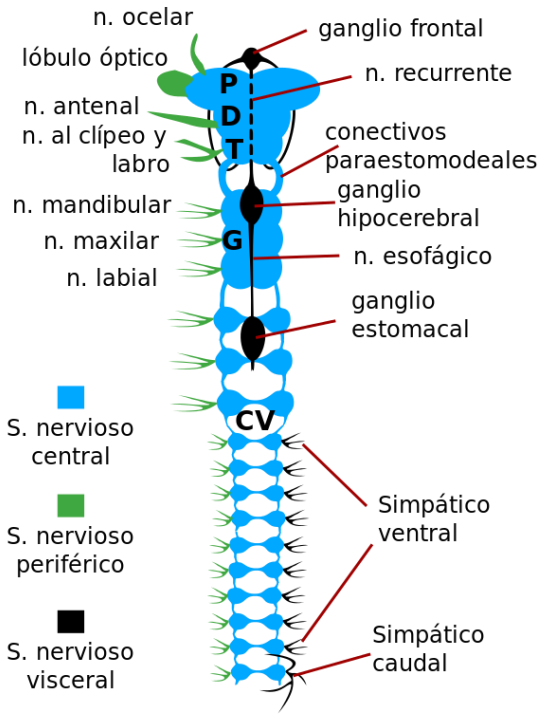
Vía oral (boca)

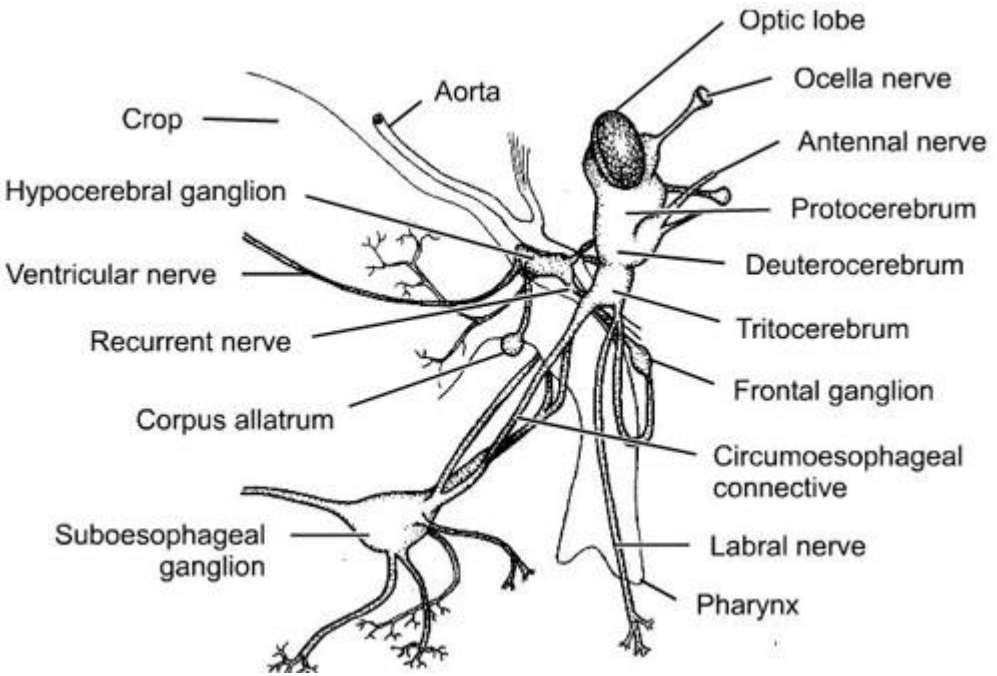


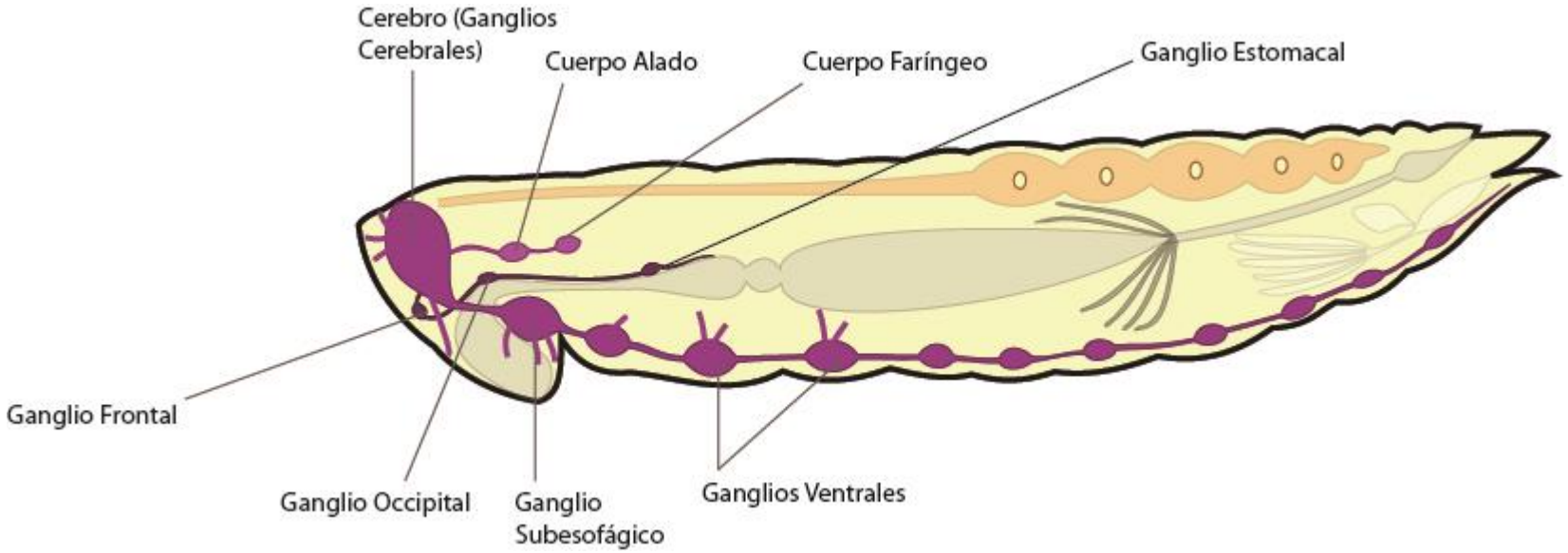
Vía respiratoria (nariz)



Vía dérmica (piel)


n. ocelar
lóbulo óptico
n. antenal
n. al clípeo y labro
n. mandibular
n. maxilar
n. labial
ganglio frontal
n. recurrente
conectivos paraestomodeales
ganglio hipocerebral
n. esofágico
ganglio estomacal
P
D
T
G
CV
Simpático ventral
Simpático caudal
S. nervioso central
S. nervioso periférico
S. nervioso visceral


Optic lobe
Ocella nerve
Antennal nerve
Protocerebrum
Deuterocerebrum
Tritocerebrum
Frontal ganglion
Circumoesophageal connective
Labral nerve
Pharynx
Aorta
Crop
Hypocerebral ganglion
Ventricular nerve
Recurrent nerve
Corpus allatrum
Suboesophageal ganglion


Cerebro (Ganglios Cerebrales)
Cuerpo Alado
Cuerpo Faríngeo
Ganglio Estomacal
Ganglio Frontal
Ganglio Occipital
Ganglio Subesofágico
Ganglios Ventrales

2. Según Toxicidad aguda – CL_{50} DL_{50}

WHO Hazard Class	Information to appear on the label			Acute LD50 (rat) of formulation (mg/kg)			
	Hatard statement	Band colour	Hazard symbol	Oral		Dermal	
				Solid	Liquid	Solid	Liquid
Ia Extremely hazardous	**VERY TOXIC**			< 5	< 20	< 10	< 40
Ib Higly hazardous	**TOXIC**			5 - 50	20 - 200	20 - 100	40 - 400
II Moderately hazardous	**HARMFUL**			50 - 500	200 -- 2000	100 - 1000	400 - 4000
III Slightly hazardous	**CAUTION**			> 500	> 2000	> 1000	>4000
Unlikely to present a hazard in normal use				> 2000	> 3000		

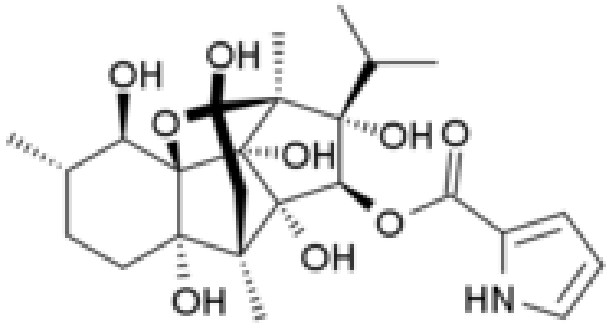


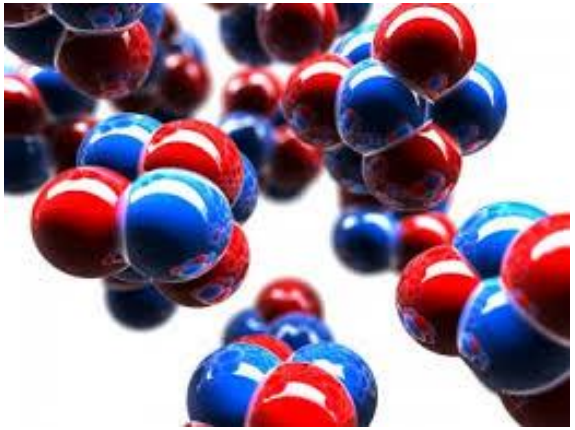
Pictograms

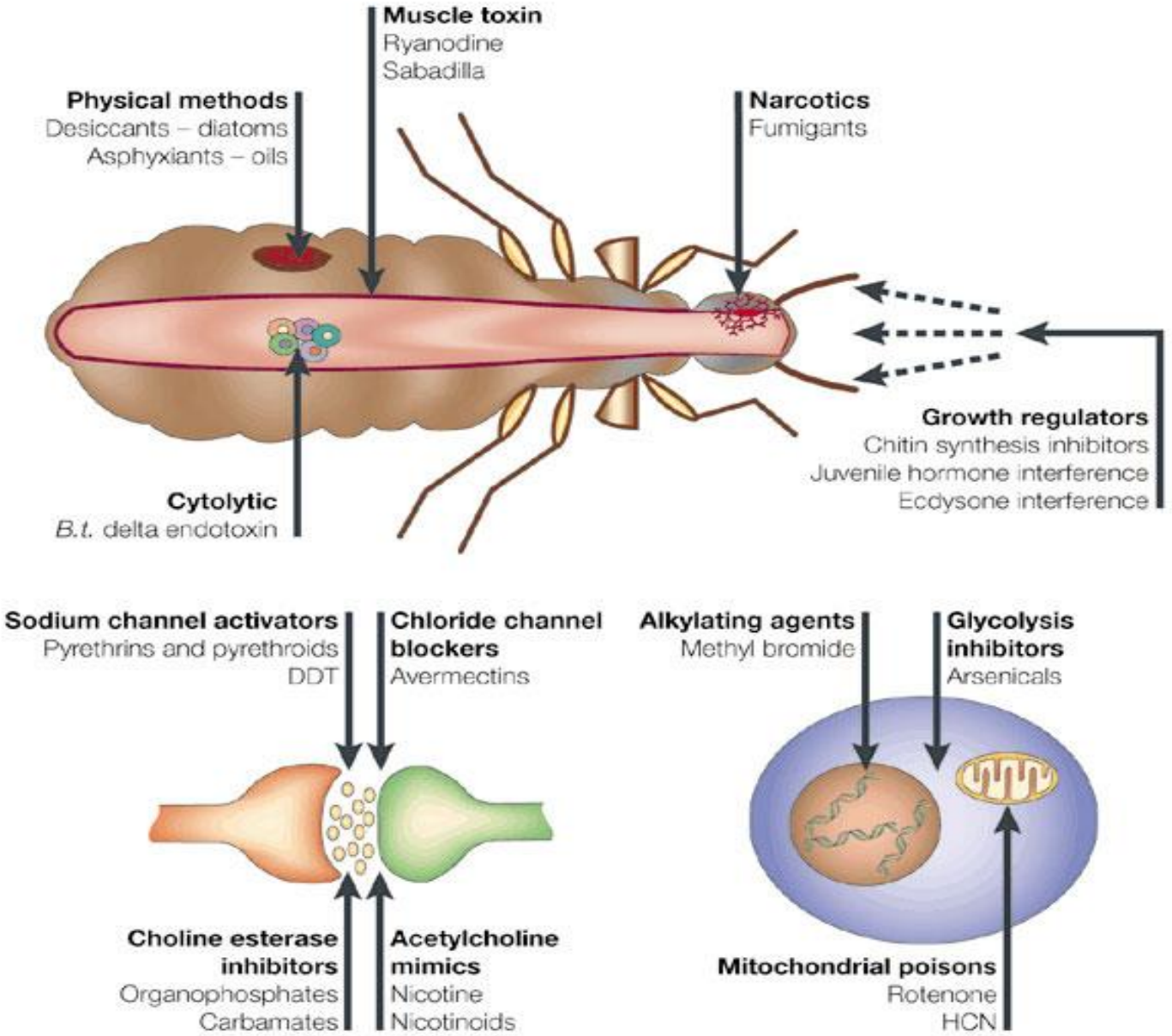
Classification warning

3. Según GRUPOS QUÍMICOS Y MODO DE ACCIÓN









Nature Reviews | Genetics

INSECTICIDAS CONVENCIONALES

1ra GENERACIÓN: hasta 1940

Inorgánicos – orgánicos simples y botánicos.

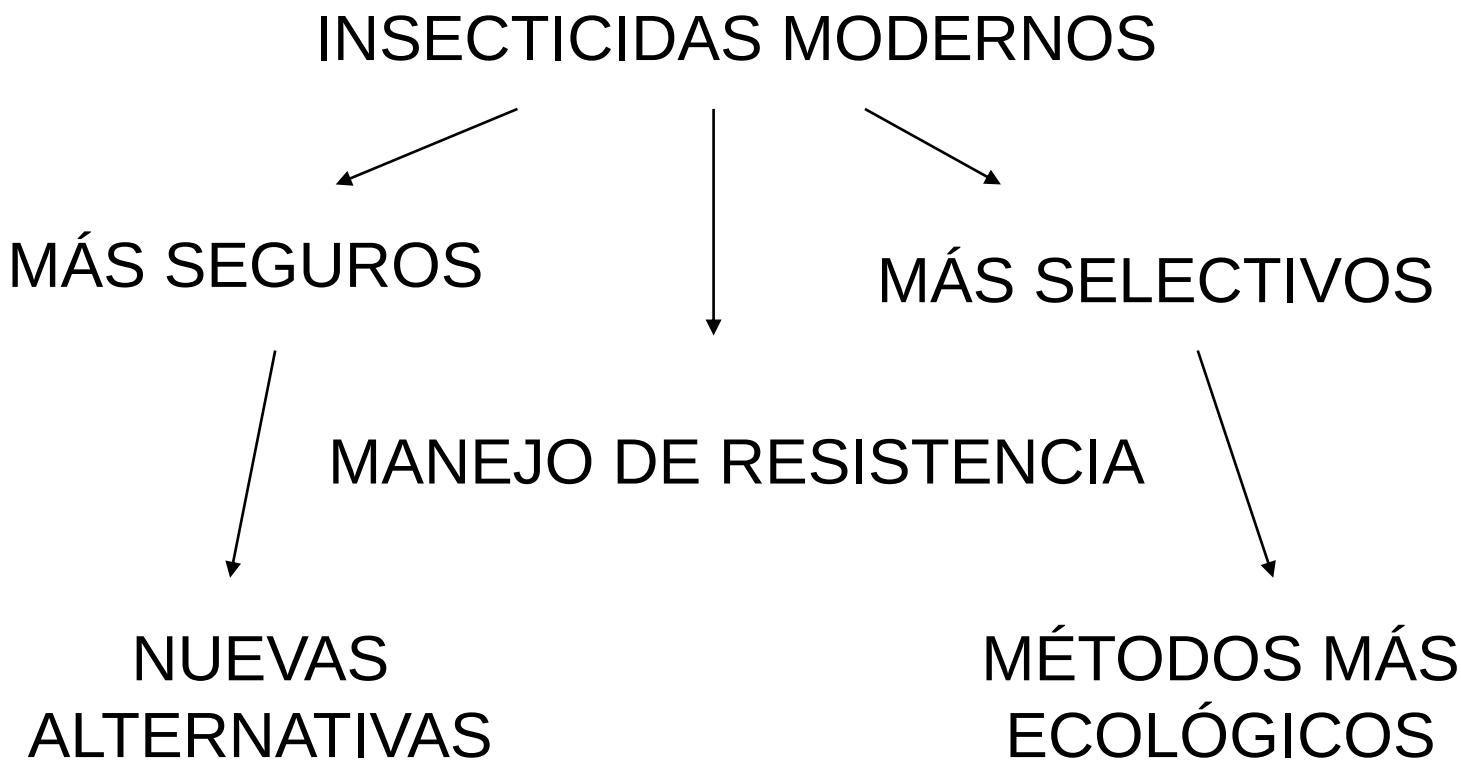
2da GENERACIÓN: 1940 - 1970

Todos NEUROTOXICOS - sintéticos

- HIDROCARBUROS CLORADOS
- ORGANOFOSFORADOS
- CARBAMATOS
- PIRETROIDES

NUEVAS TENDENCIAS EN INSECTICIDAS

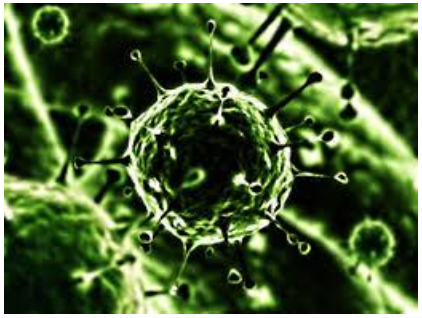
GRANDES ESFUERZOS PARA DESARROLLAR COMPUESTOS MÁS SELECTIVOS HACIA INSECTOS – BÚSQUEDA DE TARGETS DISTINTOS DE NEUROTÓXICOS.



3era GENERACIÓN: 1970 - 1980

NO NEUROTÓXICOS

- REGULADORES DE CRECIMIENTO DE INSECTOS – IGR´s
- INSECTICIDAS BACTERIANOS Y VIRUS

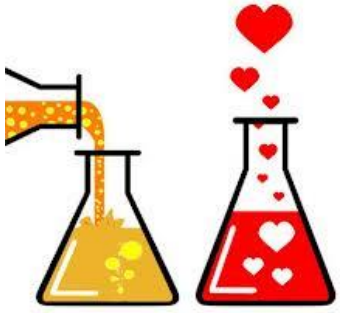


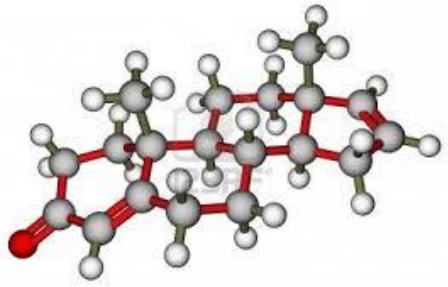



4ta GENERACIÓN: 1980 – Actualidad…..

- MODIFICADORES DEL COMPORTAMIENTO DE INSECTOS

(ANTIALIMENTARIOS, FEROMONAS Y KAIROMONAS)



Principales estrategias para el desarrollo de nuevas moléculas

1. Diseño racional: síntesis de una estructura novedosa o a partir de una estructura conocida.

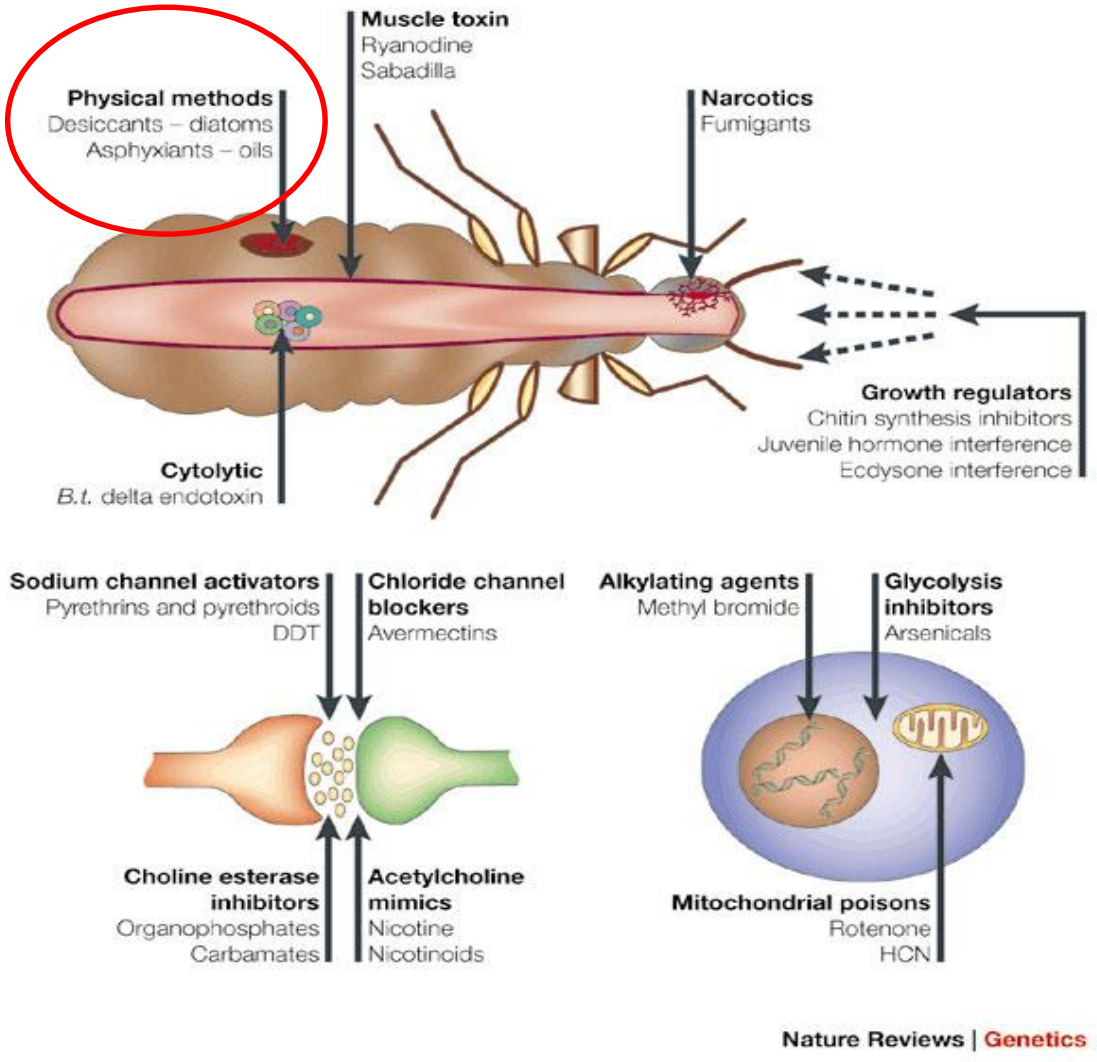
2. Por enriquecimiento de isómeros activos de piretroides.

3. A partir de procesos fermentación de microorganismos.

4. A partir de productos botánicos y/o naturales (derivatización)

1ra GENERACIÓN: hasta 1940

- Orgánicos simples.
- Inorgánicos.
- Botánicos.



A. Derivados de plantas (extractos botánicos tales como el piretro) que actúan sobre el sistema nervioso de los insectos.

B. Aceites de petróleo que actúan sofocando a los insectos.

C. Sales de metales pesados (son radicales tóxicos de arsénico o fluorosilicato) agregados a sales de plomo o sodio.

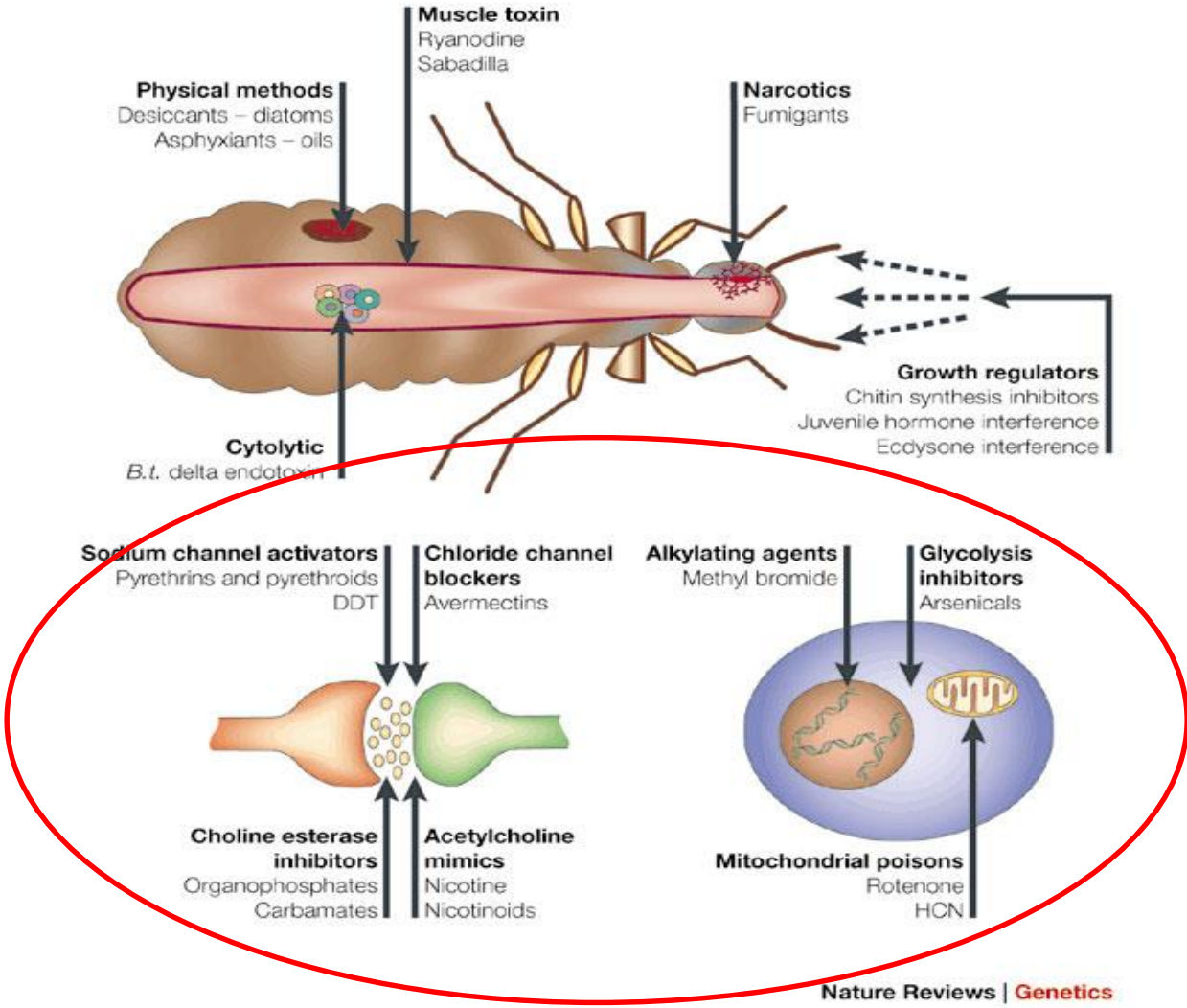






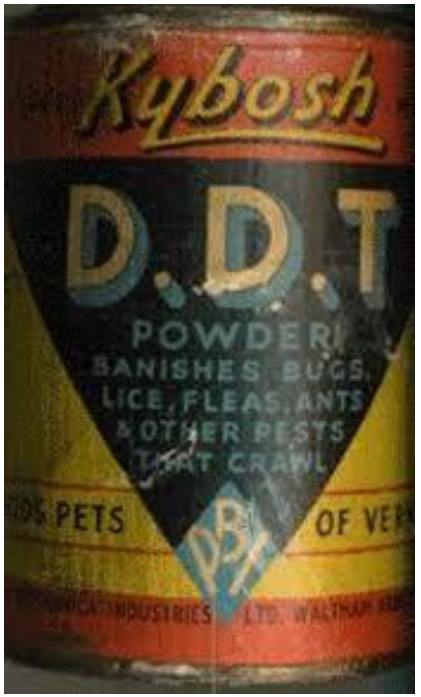
2da GENERACIÓN: 1940-1970

- Organoclorados.
- Carbamatos.
- Fosforados.
- Piretroides.

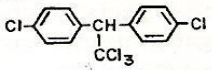
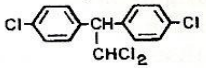
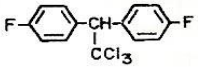
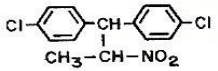
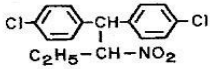
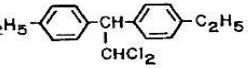
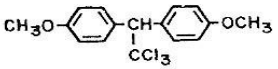
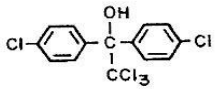
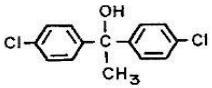
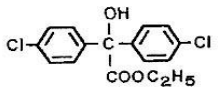
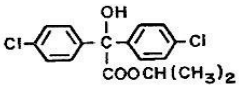


Organoclorados





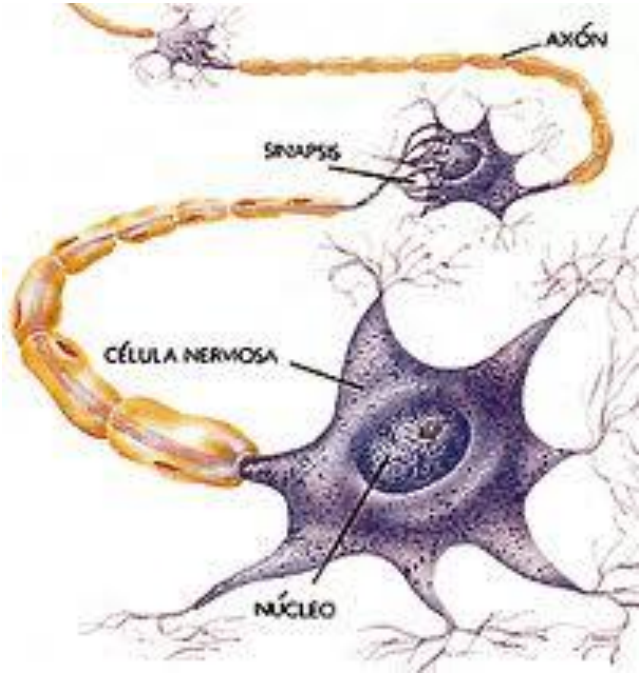
1- El grupo del DDT. Es el grupo más conocido de los insecticidas. Las principales ventajas de este grupo son su estabilidad, gran efecto insecticida, bajo costo de producción, y la moderada toxicidad en mamíferos.

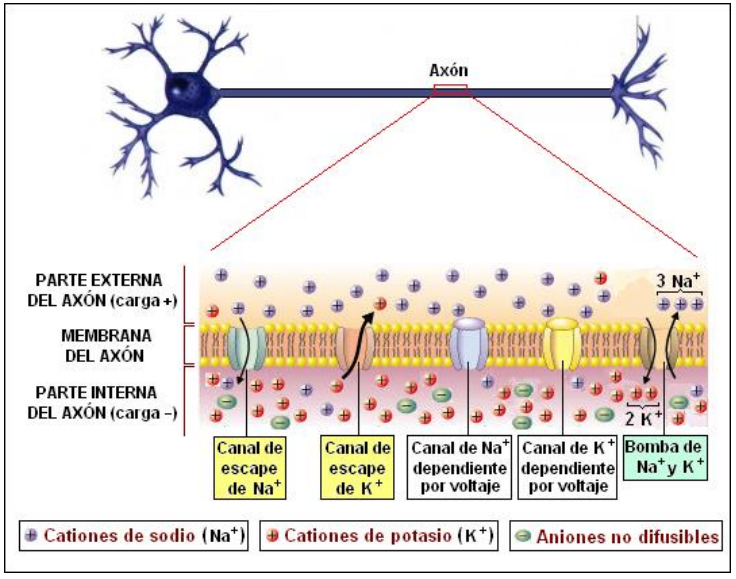
Compound	Structure	Rat LD_{50} (mg/kg)	Comment
DDT		113–250	
DDD (TDE) (Rothane)		2500	
DFDT		1120	
DNP (Prolan)		4000	A component of Dilan
DNB (Bulan)		330	A component of Dilan
Ethylane (Perthane)		8170	
Methoxychlor		5000	
Dicofol (Kelthane)		684–809	Miticide
Chlorfenethol (DMC)		926–1391	Miticide
Chlorobenzilate		700–3100	Miticide
Chloropropylate		> 5000	Miticide

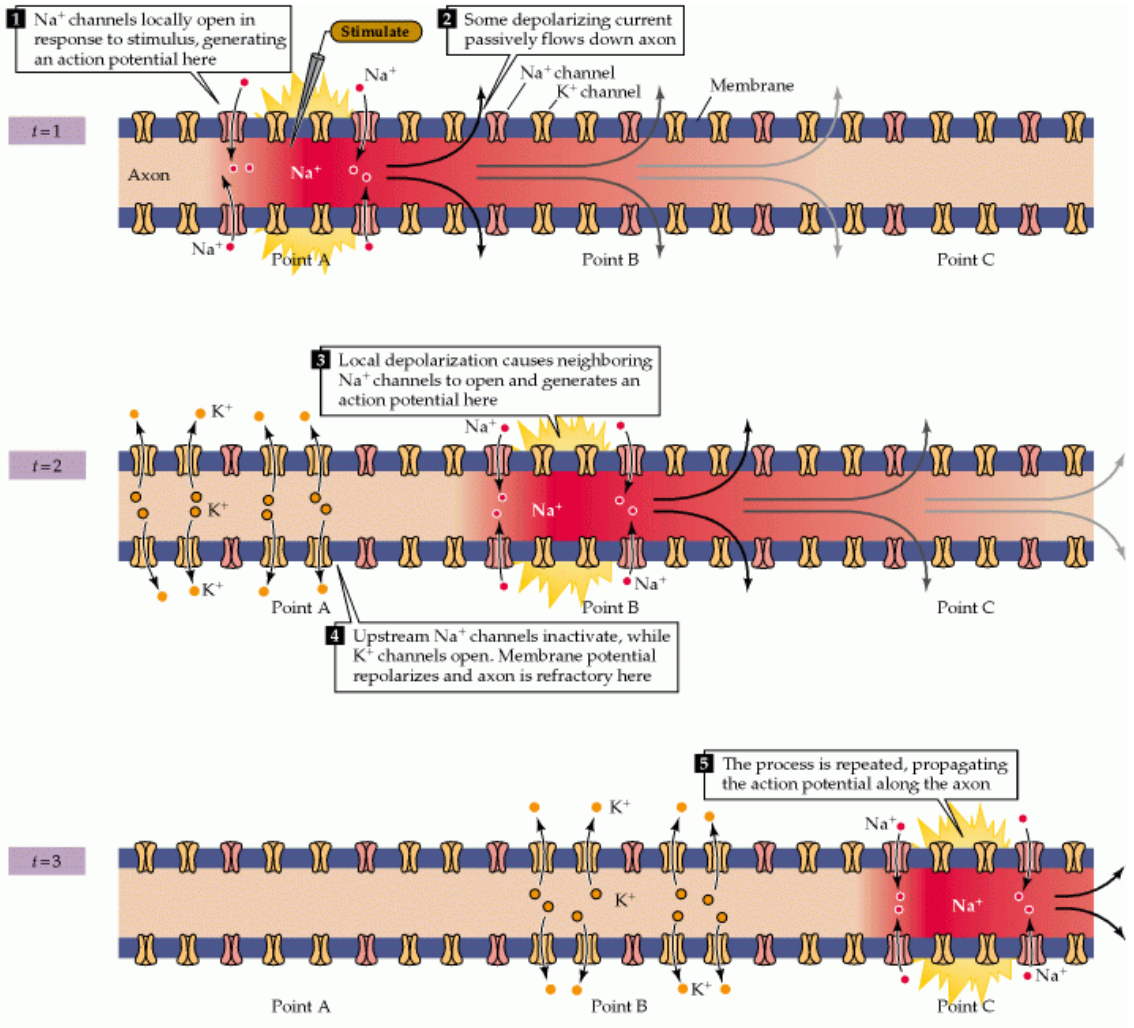
Modo de acción

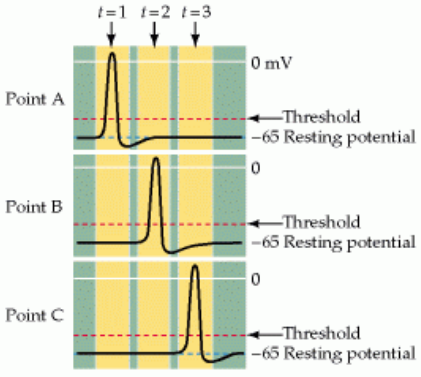
El DDT actúa sobre el sistema nervioso de los insectos, causando síntomas de intoxicación tales como temblores, incoordinación, convulsiones, parálisis y muerte. Actúa interrumpiendo el flujo de iones a lo largo de las membranas del axón.

Más específicamente, el DDT actúa sobre los canales de sodio dentro de las membranas, interrumpiendo su flujo normal.









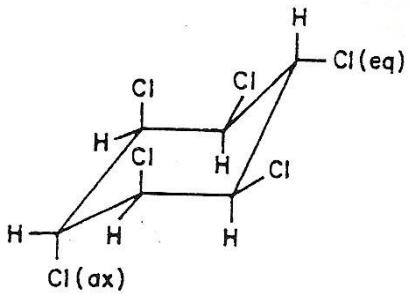
Actúa interrumpiendo el flujo de iones a lo largo de las membranas del axón.

2- *El grupo de los hexaclorociclohexanos (HCH).* Es el grupo más antiguo de los organoclorados.

Existen siete isómeros del HCH con propiedades químicas diferentes, tales como el punto de ebullición, la toxicidad oral en mamíferos y la toxicidad relativa a cucarachas.

De esto último podemos mencionar que el isómero gama es el más tóxico para las plagas y recibe el nombre de lindano.

Este es cien veces más volátil que el DDT y presenta mayor solubilidad.



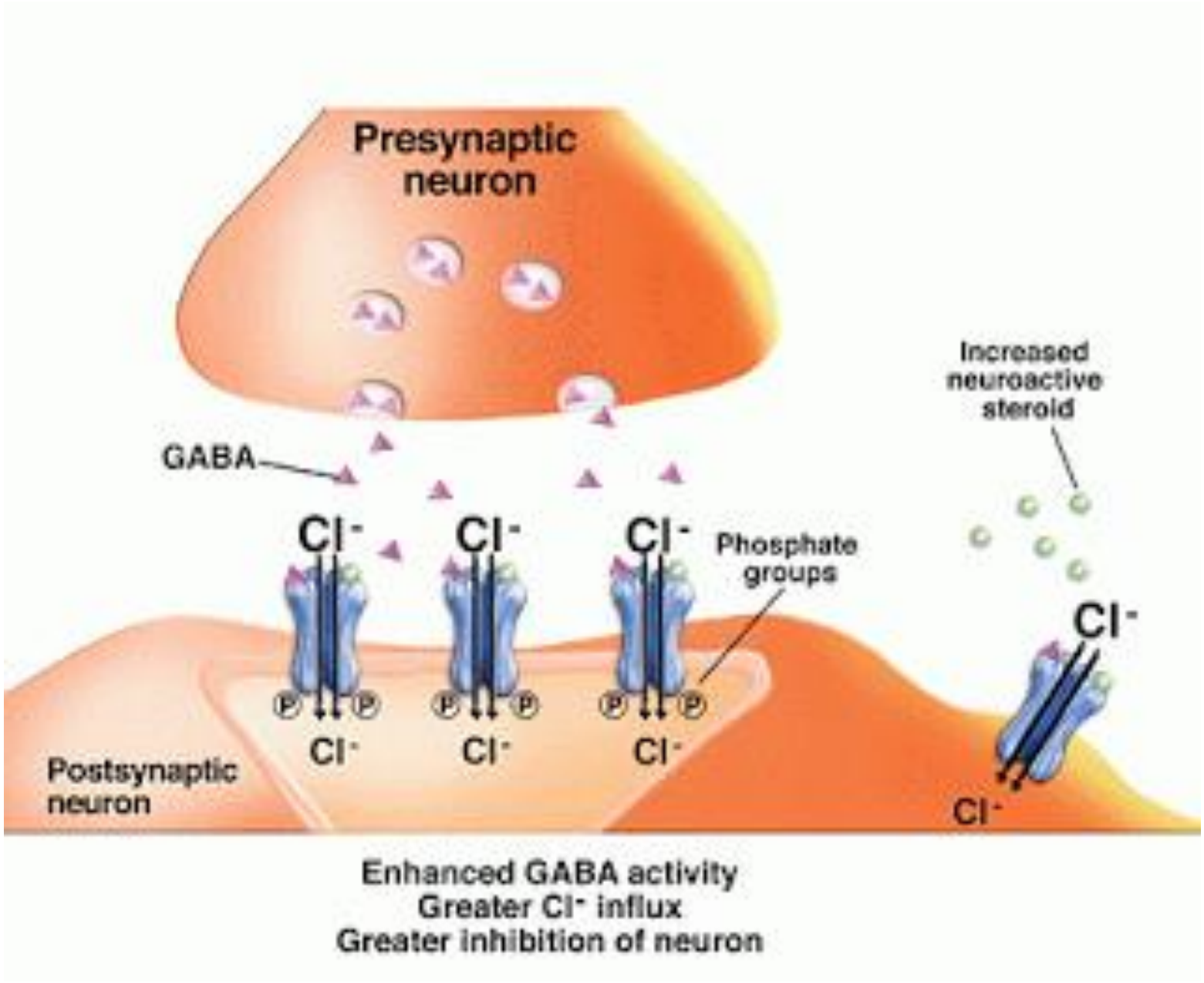
γ-HCH (lindane)

Modo de acción

Estos compuestos ejercen su efecto tóxico por antagonismo del neurotransmisor GABA.

Este neurotransmisor hiperpolariza las membranas postsinápticas por medio de la unión a receptores que contienen canales de cloro (cuando GABA se une, estos canales se abren).

El lindano se une a los canales de cloro y bloquea su activación por GABA, resultando en una hiperexcitación de las células nerviosas dentro del SNC.

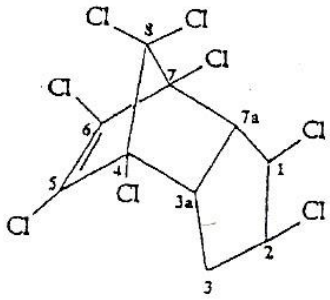

Presynaptic neuron
GABA
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Phosphate groups
Increased neuroactive steroid
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Postsynaptic neuron
Enhanced GABA activity
Greater Cl⁻ influx
Greater inhibition of neuron

3- Los ciclodienos

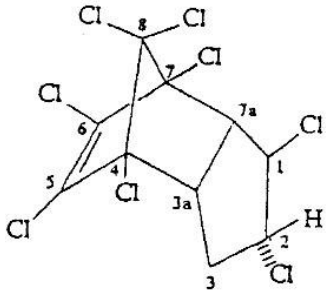
Este grupo incluye al aldrin, dieldrin, endrin, endosulfan, dodecacloro, kepona, entre otros.

Maderas tratadas con aldrin o dieldrin en los ´50 para el control de termitas se encuentran todavía libres de daño.

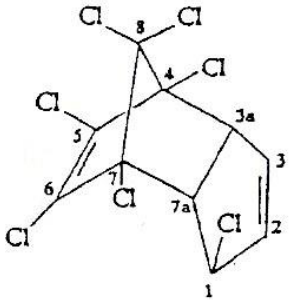
Presentan una correlación positiva de temperatura y su modo de acción es similar al del lindano.



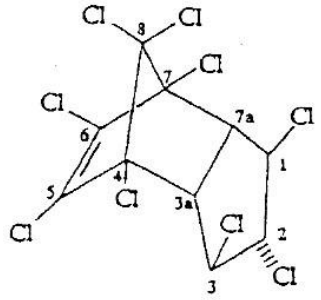
cis-Chlordane



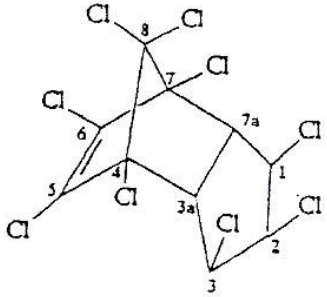
trans-Chlordane



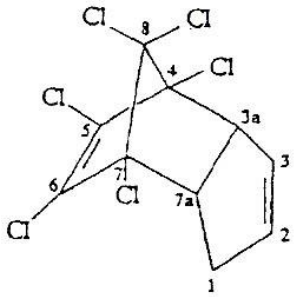
Heptachlor



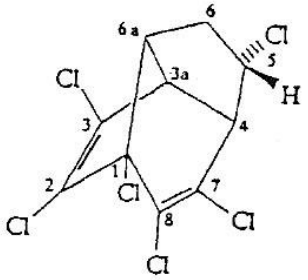
trans-Nonachlor



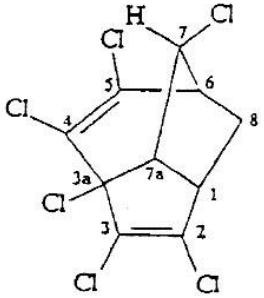
cis-Nonachlor



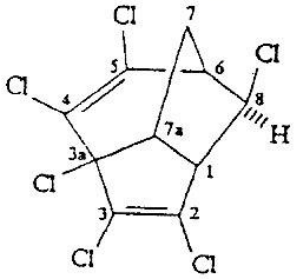
Chlordene



α-Chlordene



β-Chlordene



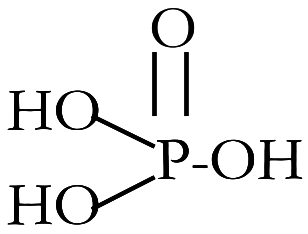
γ-Chlordene

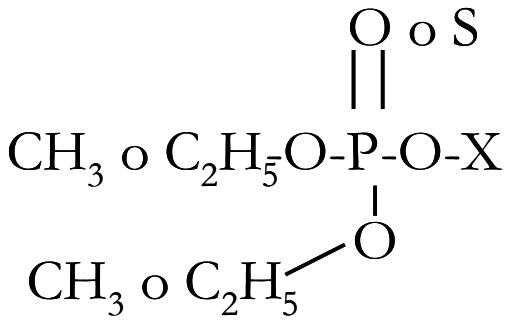
Organofosforados

CLASIFICACION DE LOS VENENOS SEGÚN CODIGO DE COLORES

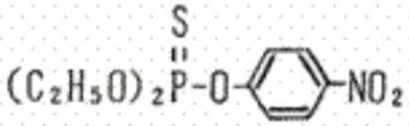
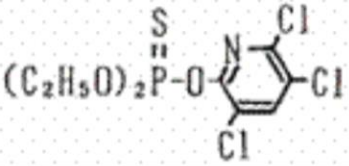
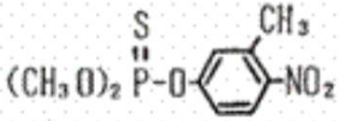
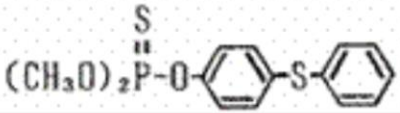
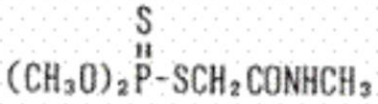
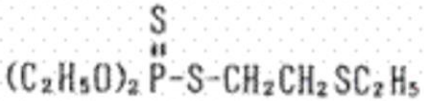
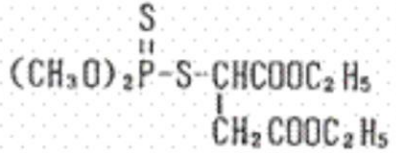
Ia. Extremada-mente Peligroso (Color Rojo)	Ib. Altamente Peligroso (Color Rojo)	II. Moderada-mente Peligroso (Color Amarillo)	III. Ligeramente Peligroso (Color Azul)	IV. (Color Verde)
Muy Tóxico	Tóxico	Dañino	Cuidado	Precaución

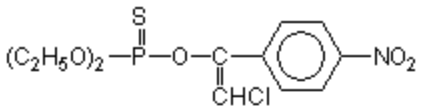
Son el grupo más numeroso de los insecticidas. Derivan del ácido fosfórico y a diferencia de los organoclorados proseen menos persistencia en el ambiente (días) y algunos de ellos son sistémicos.



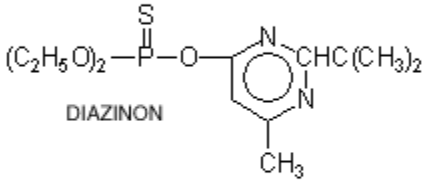


Estructuras químicas de (a) ácido fosfórico y (b) un organofosforado general, en la cual X representa un grupo saliente.

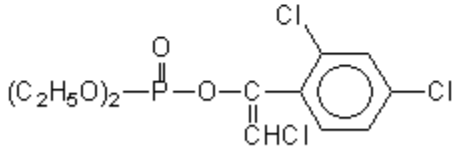
Common name	Structure	LD_{50}(mg/kg)
Parathion		ca. 2 rats ca. 12 mice
Chlorpyrifos[a]		135–163 rats
Fenitrothion[a]		1700 male rats 1720 female rat
Temephos[a]		4204 male rats > 10000 female rats
Dimethoate[a]		290–325 rats 160 mice
Disulfoton		2–12 rats 7.5 mice
Malathion[a]		775–3320 mice 1375–2800 rats



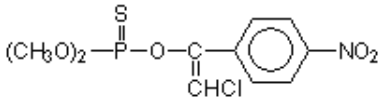
PARATHION



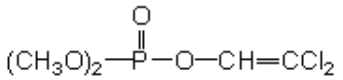
DIAZINON



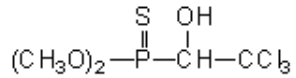
CHLORFENVINPHOS



METILPARATHION



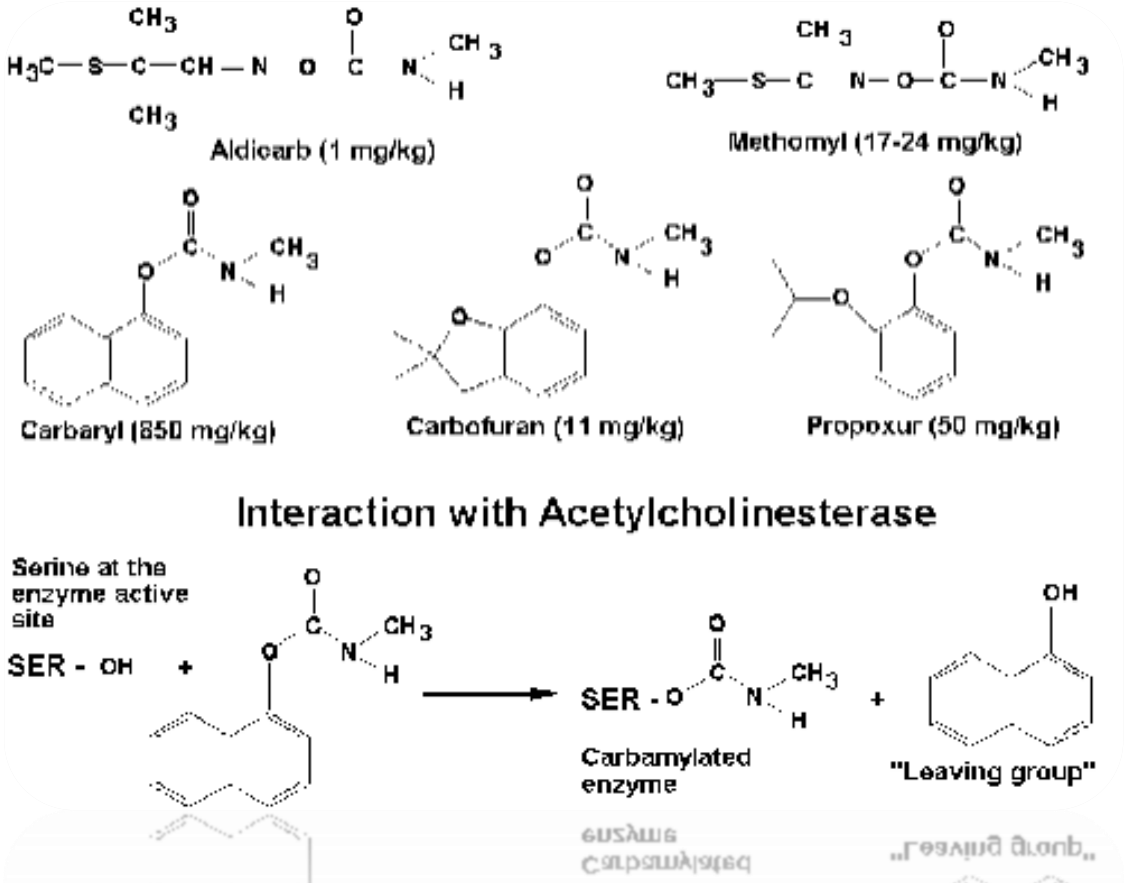
DICHLORVOS



TRICHLORFON

Carbamatos

Estos compuestos poseen el mismo modo de acción que los OF, pero su unión a la AChE es reversible.

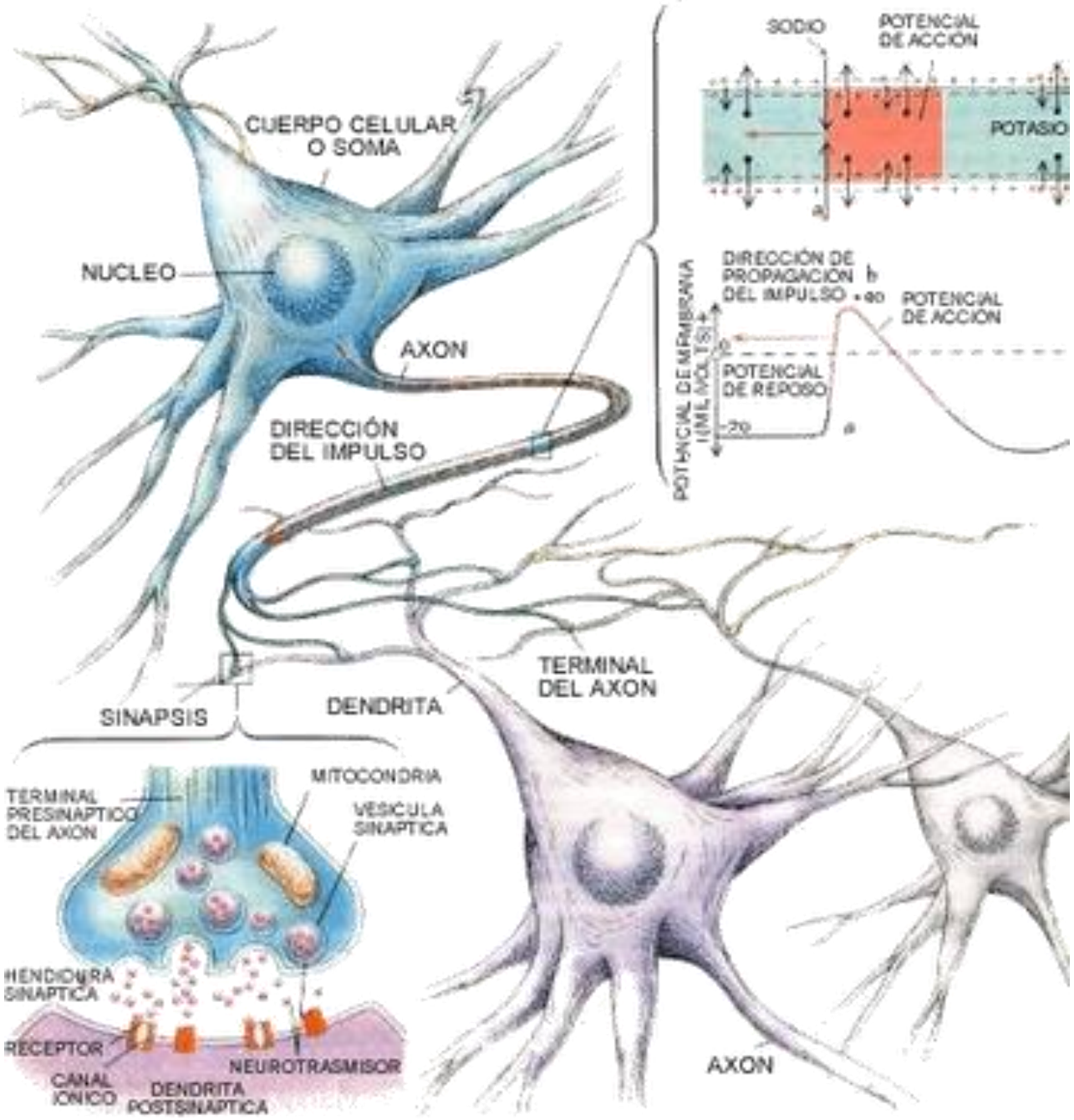


Modo de acción

Los síntomas de intoxicación de los organofosforados y carbamatos son similares a los organoclorados, incluyendo temblores, incoordinaciones, parálisis y muerte.

Sin embargo, el modo de acción es diferente y esto es debido a que los OF y los carbamatos interfieren con la actividad normal de las células nerviosas por medio de la inhibición de la actividad de la enzima responsable de la rotura del neurotransmisor acetilcolina ACh, que media la comunicación (sinapsis) entre las células nerviosas y entre las células nerviosas y musculares.

Una vez que la ACh completa su función se rompe en dos moléculas (ácido acético y la colina) por medio de la enzima acetilcolinesterasa (AChE).


CUERPO CELULAR O SOMA
NUCLEO
AXON
DIRECCIÓN DEL IMPULSO
SINAPSIS
DENDRITA
TERMINAL DEL AXON
AXON
SODIO
POTENCIAL DE ACCIÓN
POTASIO
DIRECCIÓN DE PROPAGACIÓN DEL IMPULSO
POTENCIAL DE ACCIÓN
POTENCIAL DE REPOSO
POTENCIAL DE MEMBRANA (MILIVOLTS)
+40
-70
TERMINAL PRESINAPTICO DEL AXON
MITOCONDRIA
VESICULA SINAPTICA
HENDIDURA SINAPTICA
RECEPTOR
CANAL IONICO
DENDRITA POSTSINAPTICA
NEUROTRASMISOR

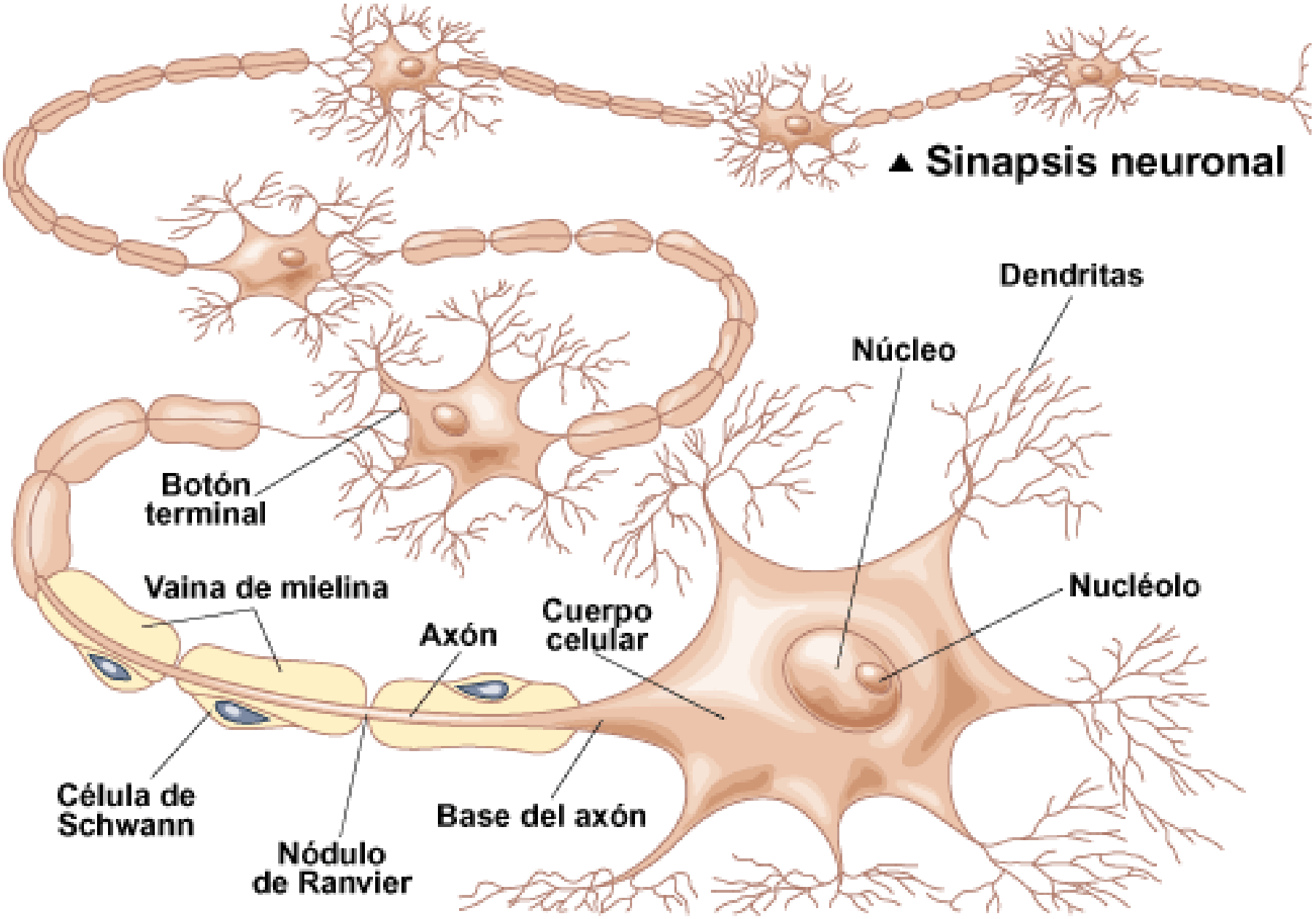
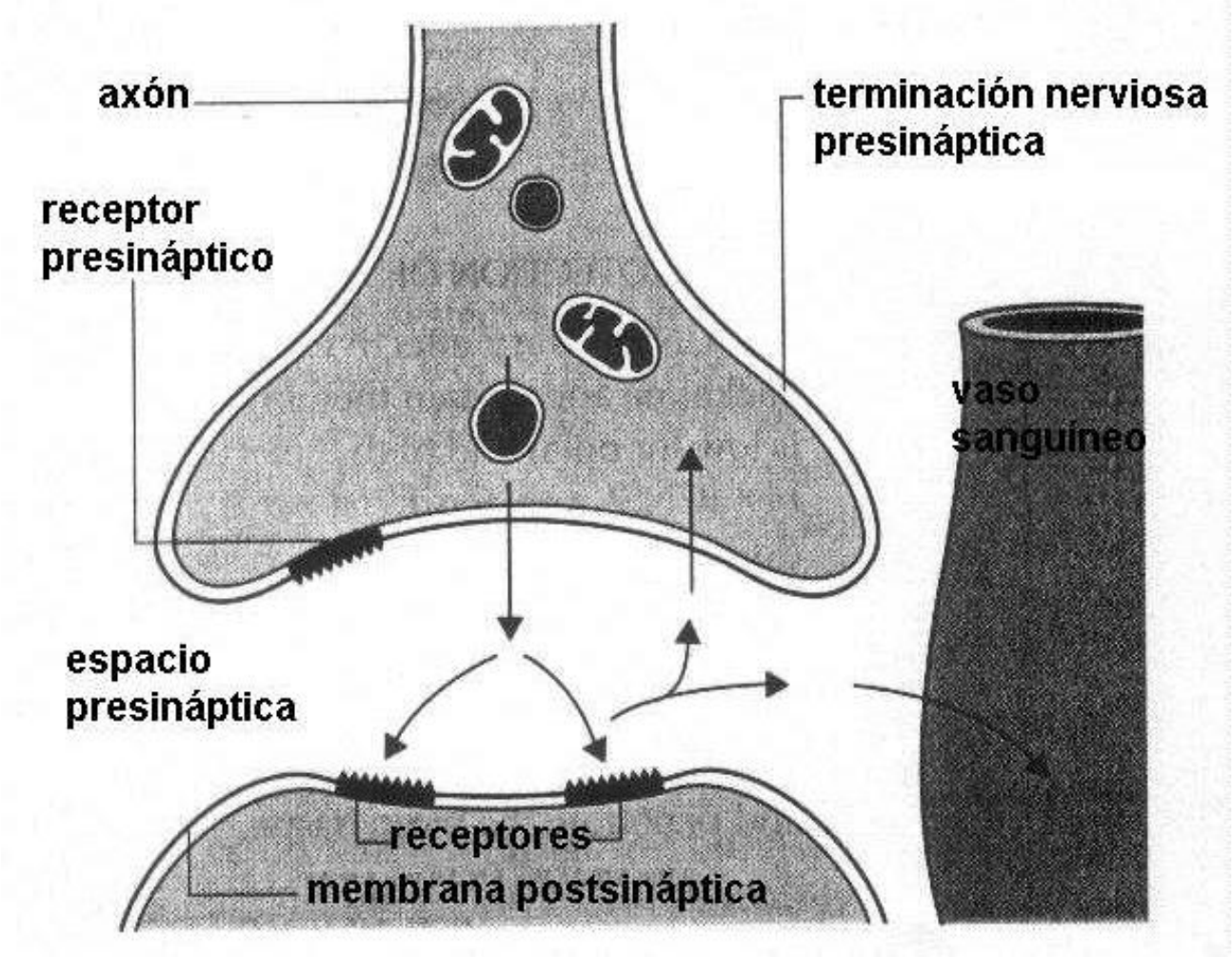
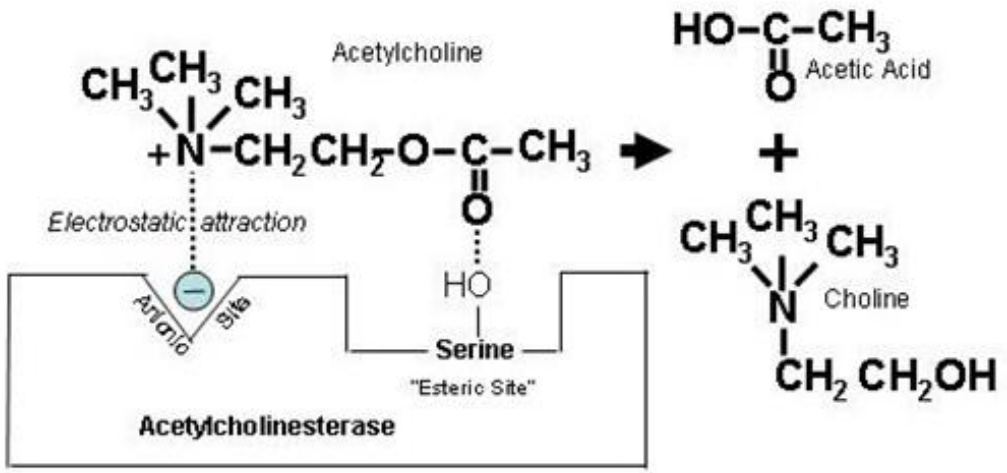
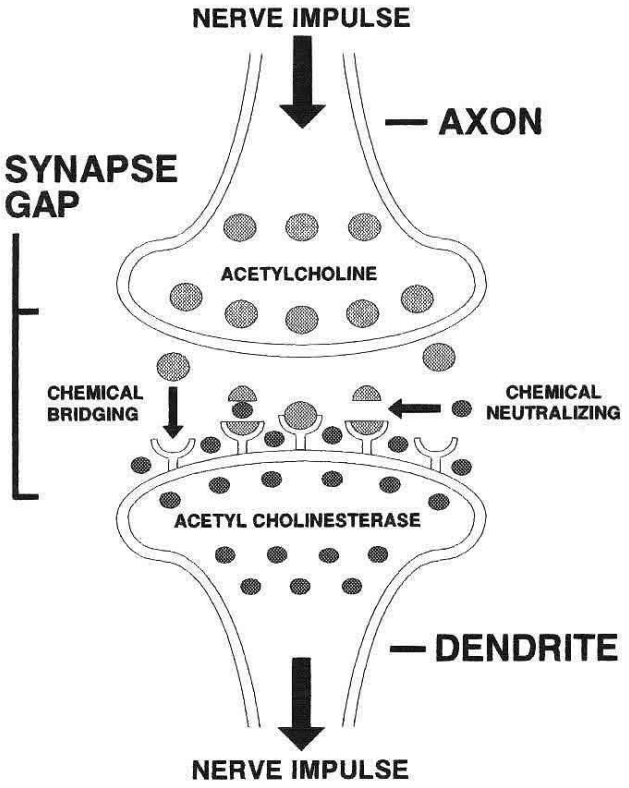
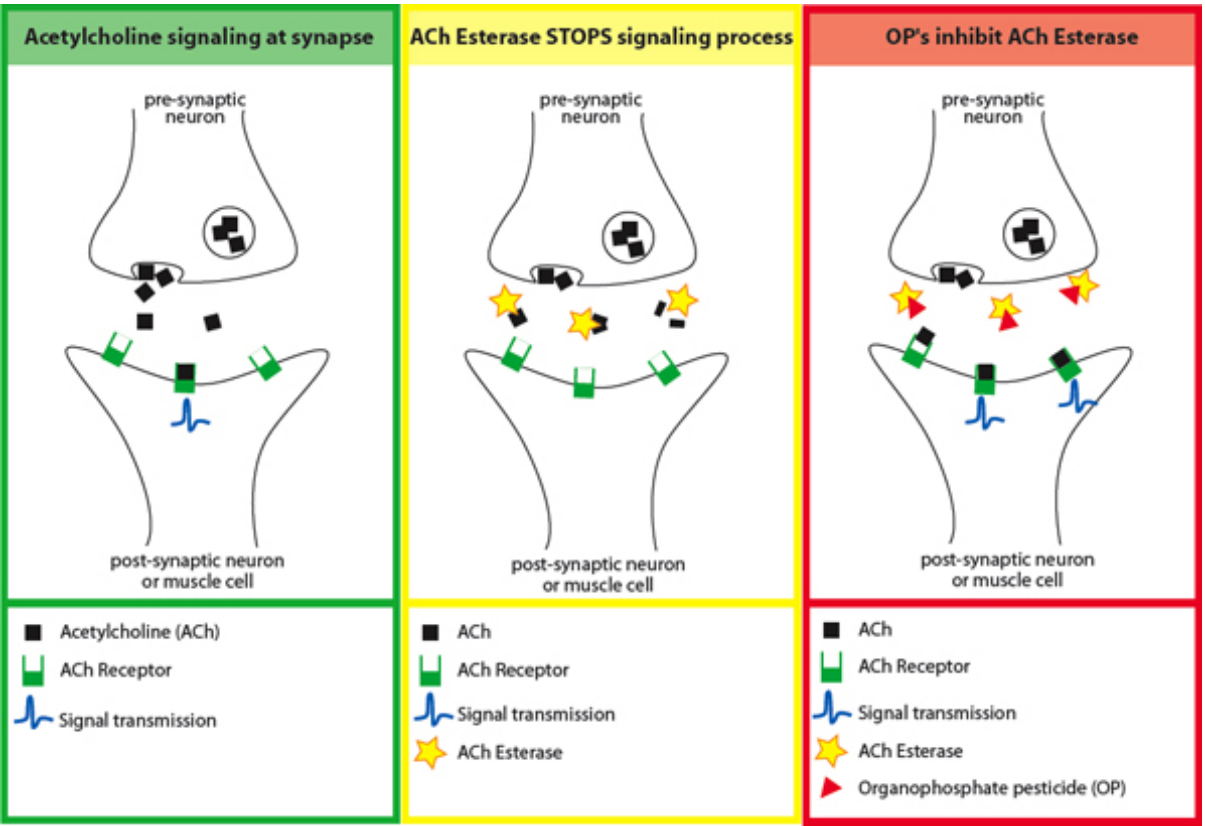

▲ Sinapsis neuronal
Dendritas
Núcleo
Botón terminal
Vaina de mielina
Axón
Cuerpo celular
Nucléolo
Célula de Schwann
Nódulo de Ranvier
Base del axón

Diagrama de una sinapsis









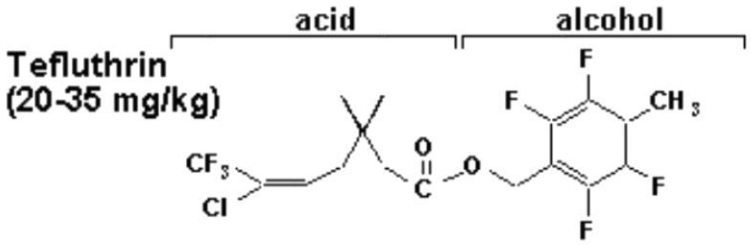
Organofosforados Y Carbamatos

Piretroides

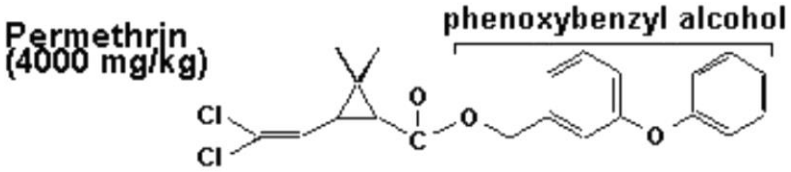
Todos derivan del compuesto natural llamado piretrina pero que difieren del mismo en sus propiedades químicas, físicas y en sus efectos biológicos.



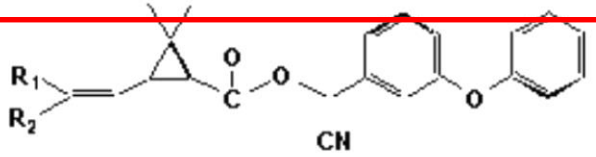
La química de los piretroides y su modo de acción son clasificadas como de Tipo 1 o Tipo 2, dependiendo del alcohol substitutivo.



Type 1: descyano, nonphenoxybenzyl

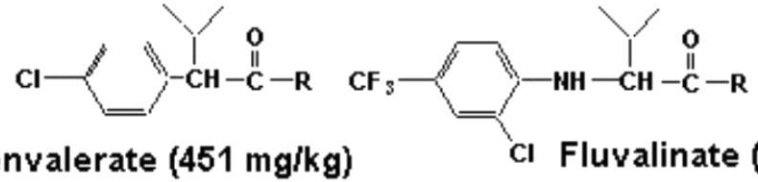


Type 1: descyano, 3-phenoxybenzyl



Cypermethrin: $R_1 = R_2 = Cl$ (250 mg/kg)

Lambda Cyhalothrin: $R_1 = Cl$, $R_2 = CF_3$ (79 mg/kg)



Fenvalerate (451 mg/kg)

Fluvalinate (260 mg/kg)

Type 2: α-cyano-3-phenoxybenzyl

Modo de acción

Los piretroides prolongan la corriente que fluye por los canales de sodio al hacer más lento o impedir el cierre de los canales. Las acciones diferentes observadas para los compuestos de Tipo 1 y Tipo 2 se deben a las diferencias en el grado del efecto fisiológico: la duración de las corrientes de sodio modificadas para los compuestos del **Tipo 1** dura décimas o centésimas de milisegundos, mientras que las del **Tipo 2** duran algunos minutos o aún más



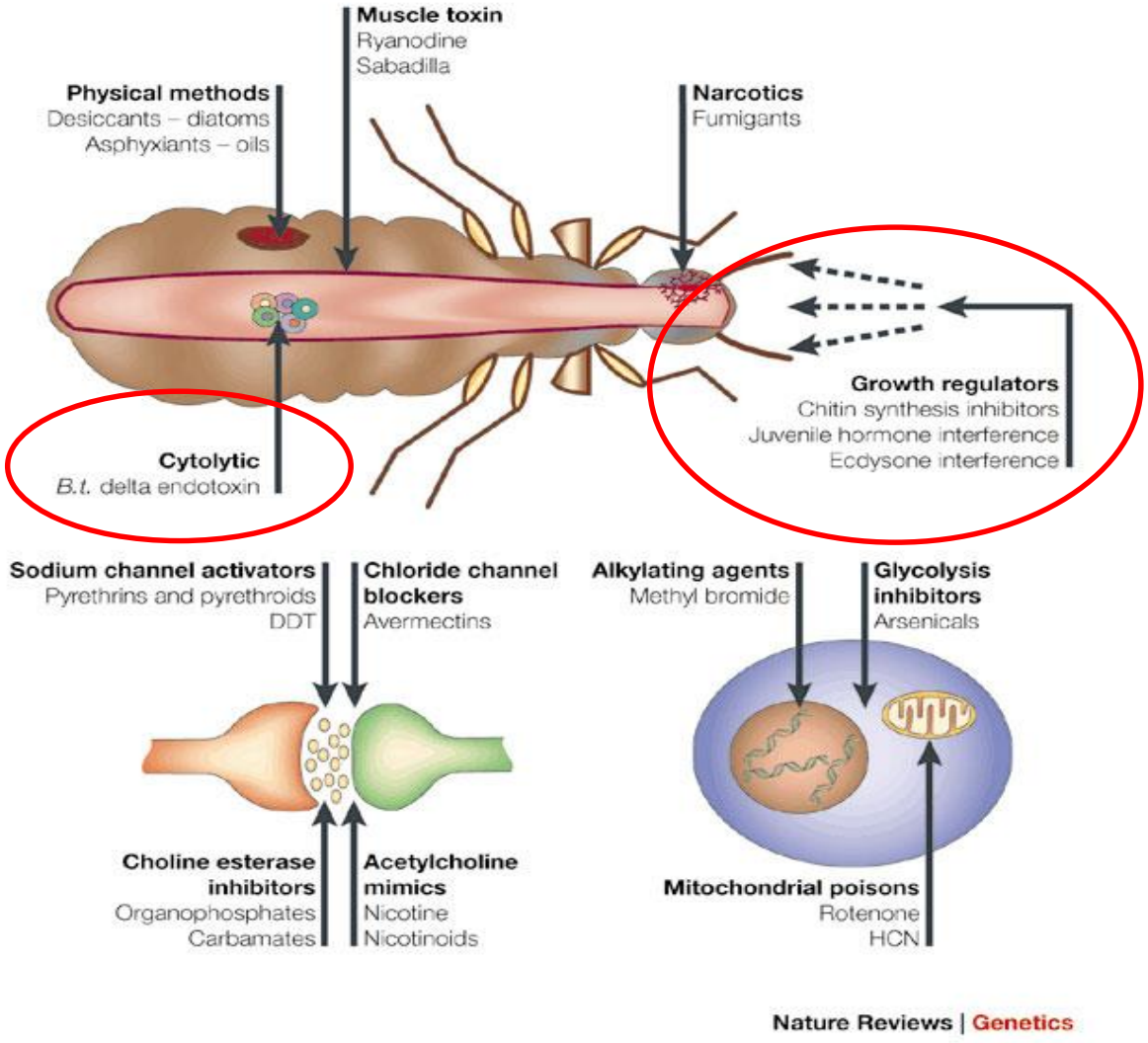


3era GENERACIÓN: 1970-1980

- IGRs.

- Toxinas Bacterianas.

- Virus.



Crecimiento y metamorfosis

Crecimiento: acción de hacerse mayor.

Metamorfosis: cambios de forma o de estructura que sobrevienen durante la vida de ciertos animales

Estos compuestos interfieren de manera negativa con el crecimiento y el desarrollo de los insectos (muda).

Esto se debe a son análogos o antagonistas de los reguladores de crecimiento de los insectos (IGR), tales como las hormonas juveniles (JH), ecdisonas e inhibidores de la síntesis de quitina. Poseen baja toxicidad en mamíferos, aves, peces e insectos adultos.



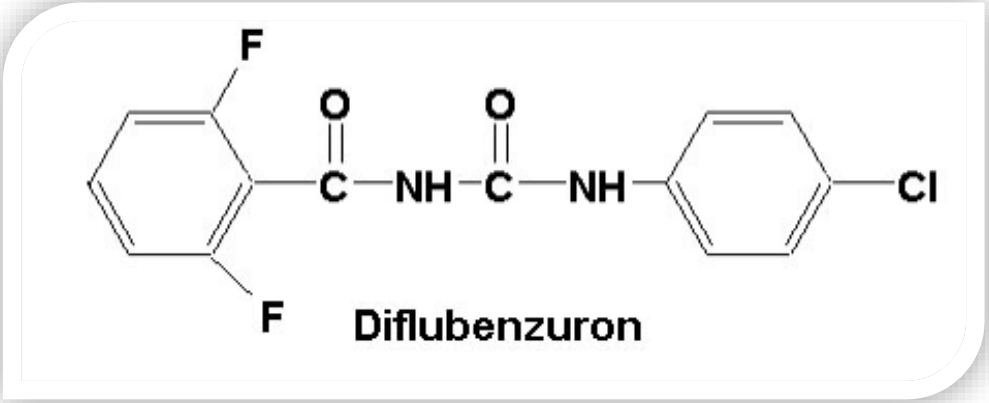


1-Inhibidores de la síntesis de quitina

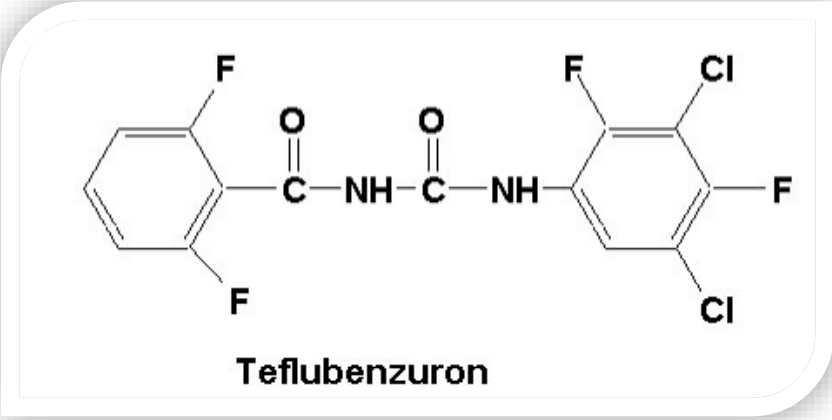
Insectos expuestos a estos compuestos no pueden formar una cutícula normal porque pierden la habilidad para formar quitina (el 50% de la cutícula está formada por quitina).

Sin la quitina, la cutícula se vuelve delgada y quebradiza, y no puede sostener al insecto o soportar los rigores de la muda.

En consecuencia, las benzoilfenilúreas son especialmente efectivas cuando se aplican justo antes de la muda.

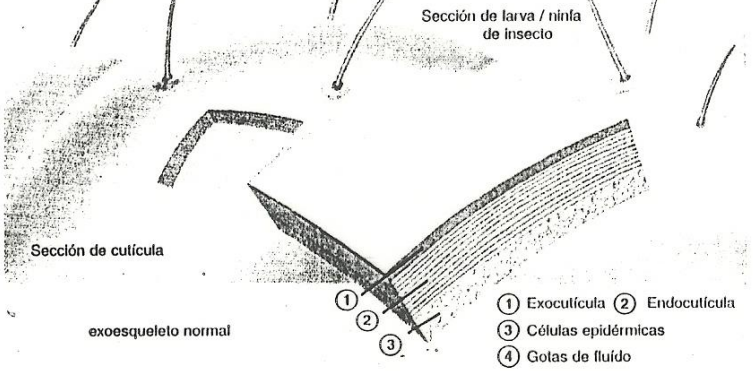


Diflubenzuron



Teflubenzuron

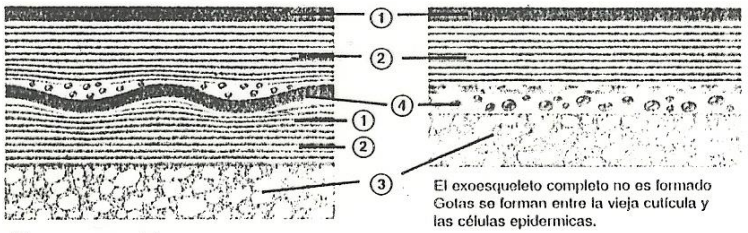
Acción de Triflumuron en la formación del nuevo exoesqueleto en larvas/ninfas de insectos



Sin tratamiento

Poco tiempo después de la muda

Tratado

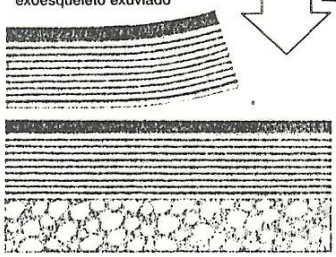


El nuevo exoesqueleto es formado bajo la vieja cutícula.

El exoesqueleto completo no es formado Gotas se forman entre la vieja cutícula y las células epidermicas.

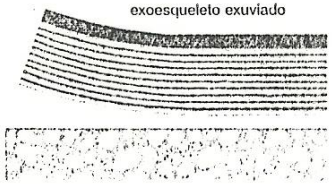
Muda

exoesqueleto exuviado



Exoesqueleto expandido y endurecido

exoesqueleto exuviado



Incompleto desarrollo del esqueleto. No se forma exocutícula ni endocutícula.

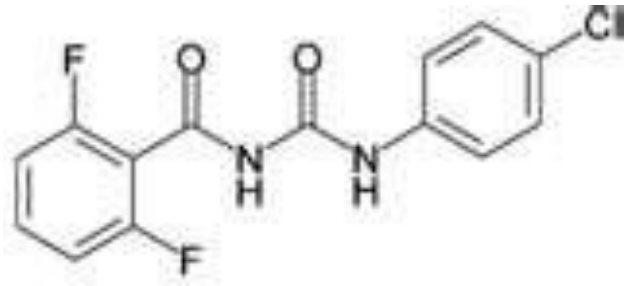


Larva de insectos después de la muda.

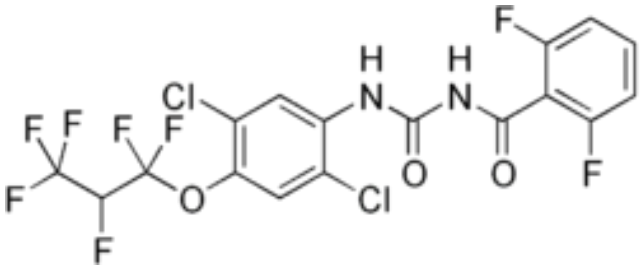


Larva de insectos despues del tratamiento con **Starycide SC.**

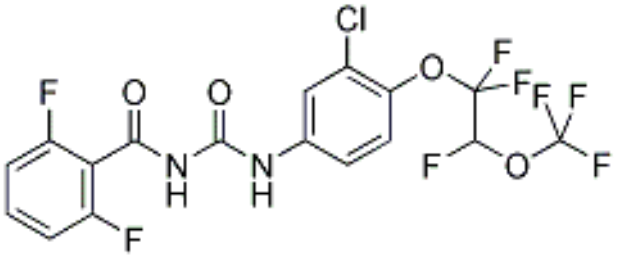
Benzoil ureas inhibidores de síntesis de quitina



Diflubenzurón

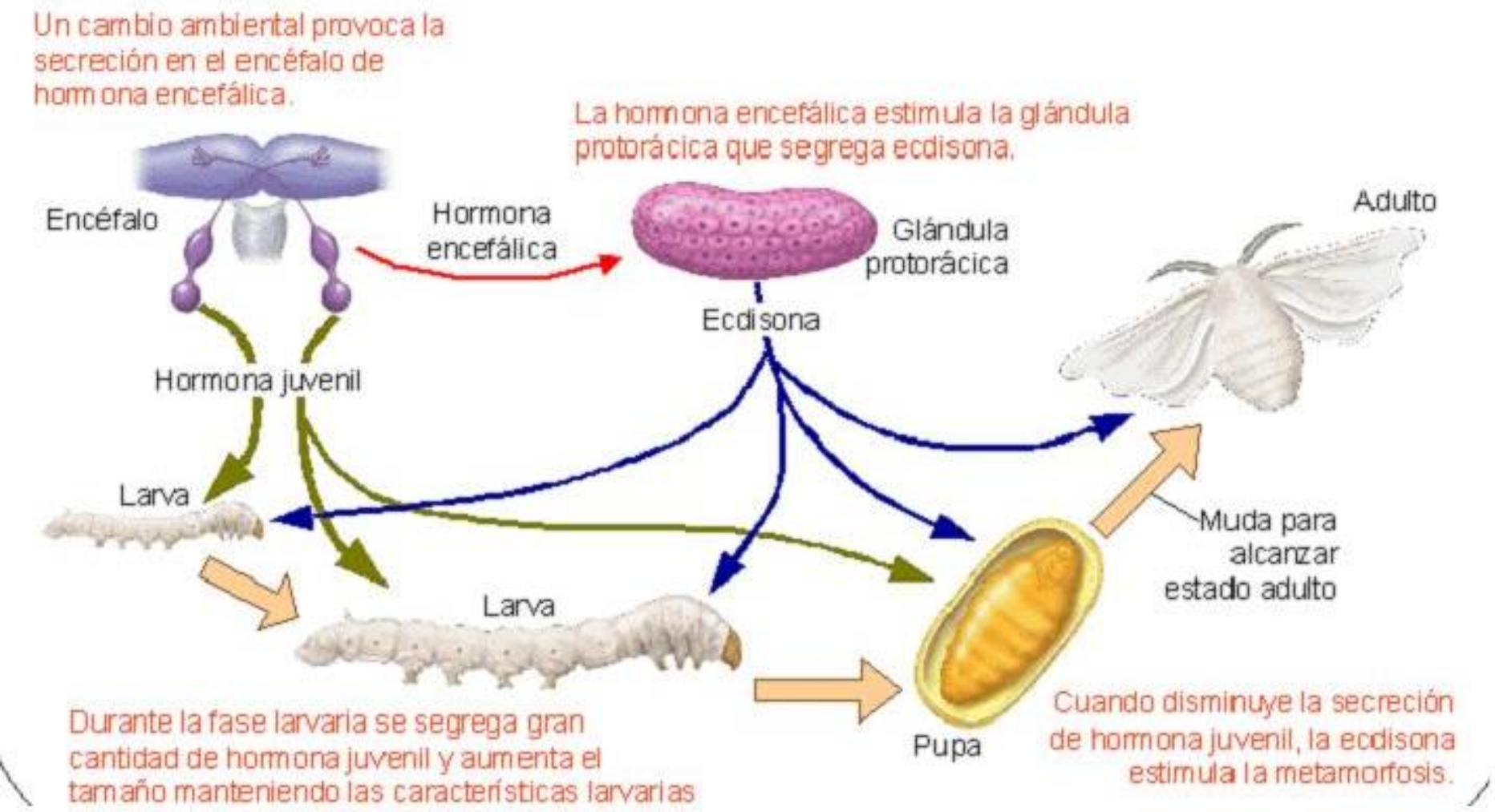


Lufenuron



Novaluron

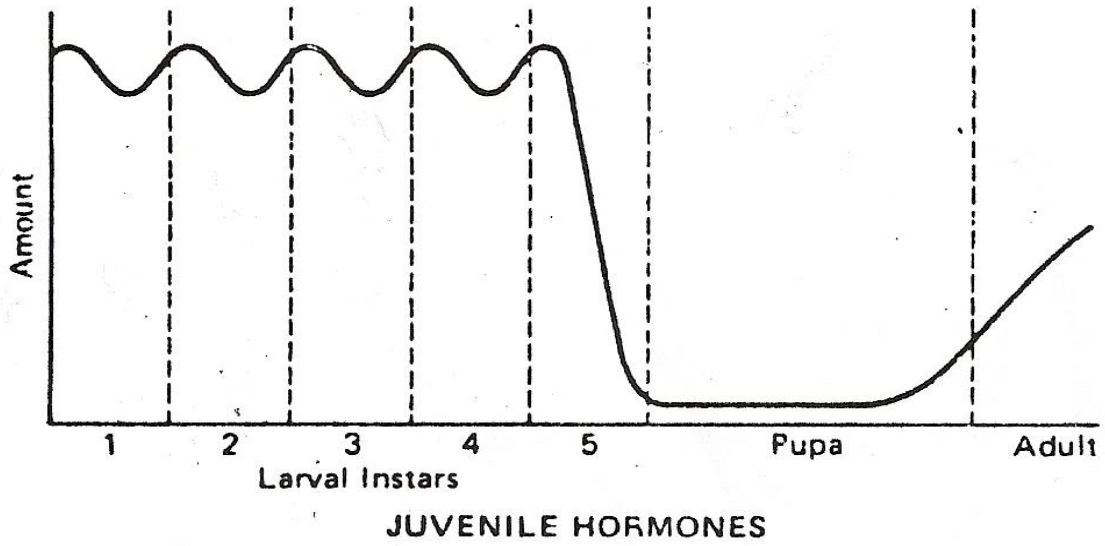
2- Miméticos de hormona Juvenil

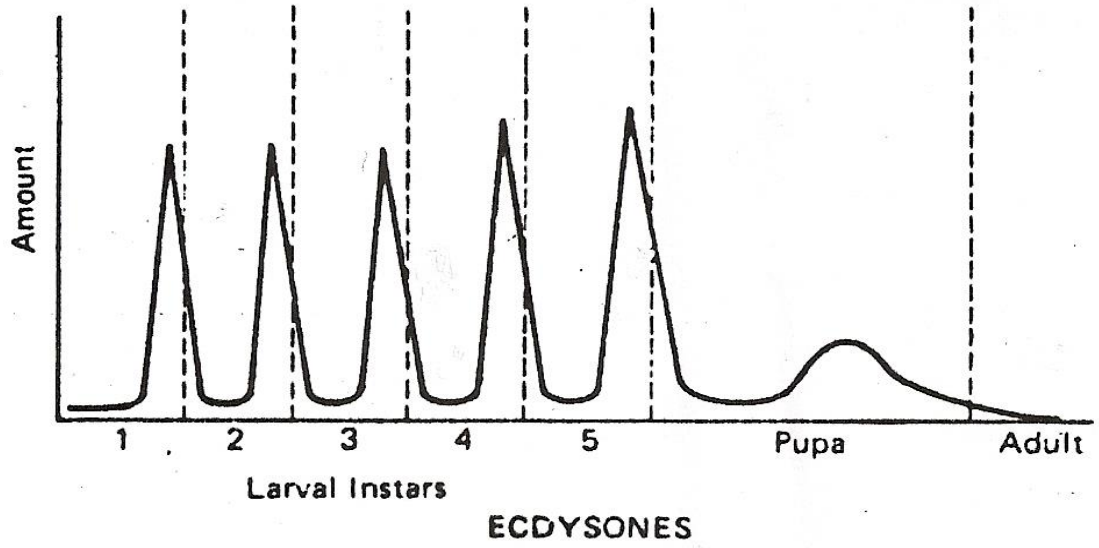


HORMONAS QUE REGULAN EL CRECIMIENTO DE INSECTOS

Hormona	Glándula de Origen	Estructura	Función
Ecdisona (de la muda)	Protorácica	Ecdisteroide	Muda
Juvenil	Corpora Allata	Terpenoide	Control de Metamorfosis
Cerebral (Ecdisiotropina)	Celulas Neurosecretorias cerebrales	Glicoproteina	Estimulación para producir HM
Bursicon	Celulas Neurosecretorias (GT o GA)	Proteina (PM 40000)	Curtido de la cutícula

Esquema de perfil de concentración de MH y JH durante la metamorfosis

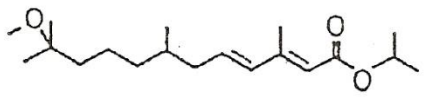




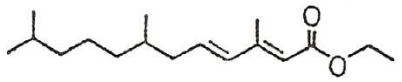
REGULADORES DEL CRECIMIENTO DE INSECTOS (IGR)

Mímicos de hormonas juveniles

Juvenoides Lábiles

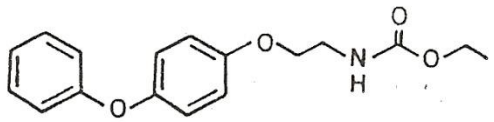


Methoprene



Hydroprene

Juvenoides Estables



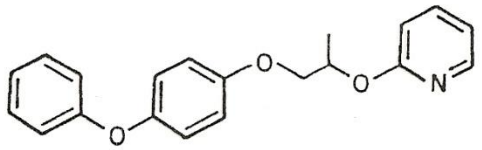


Fig. 20.3. Juvenile hormone mimics of agricultural importance. *From top* Fenoxycarb and pyriproxyfen

Los análogos de hormonas juveniles impiden la metamorfosis a formas maduras al actuar como mímicos de JH. Interfieren en la embriogénesis, metamorfosis y formación de adultos.

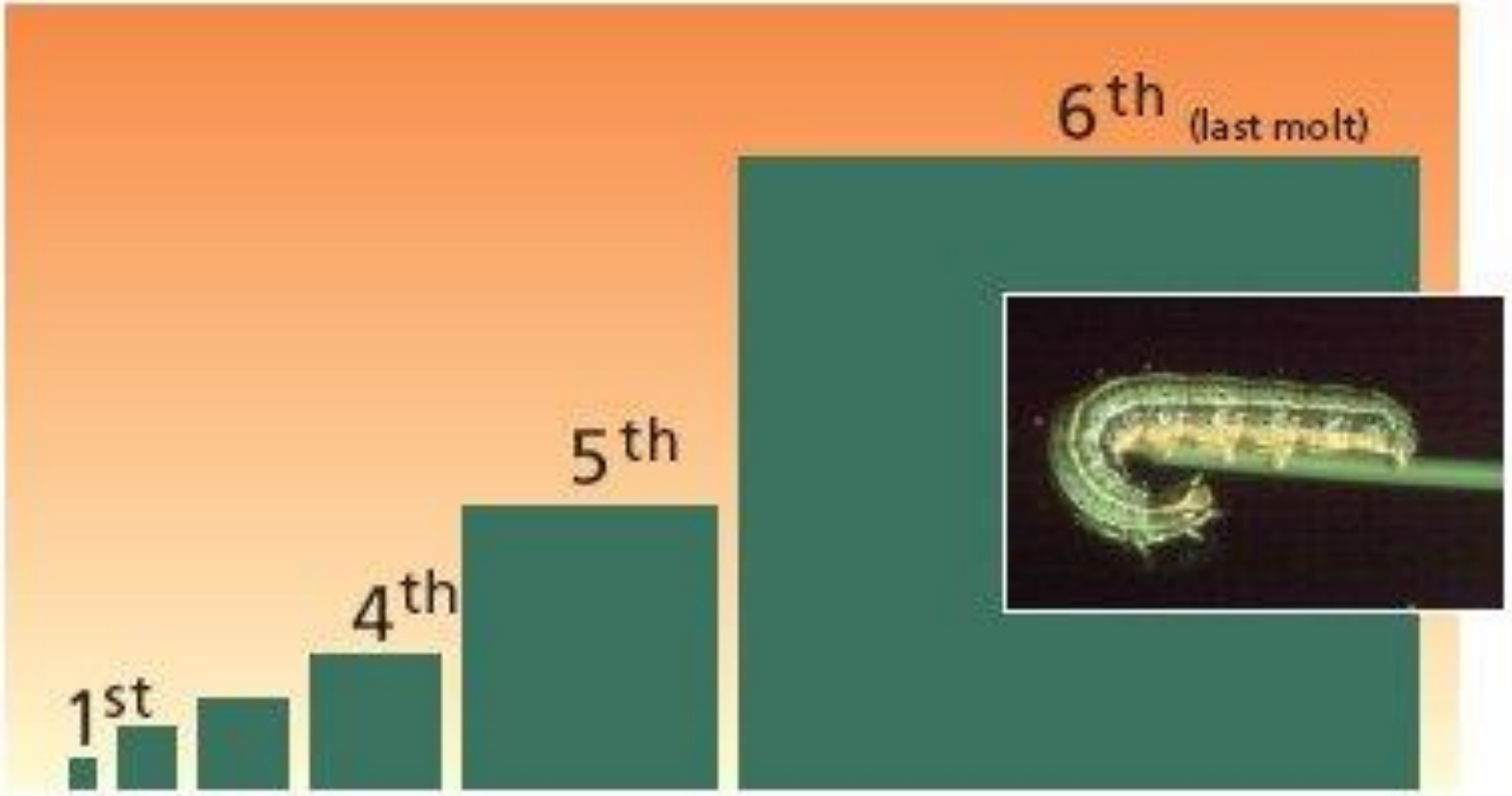
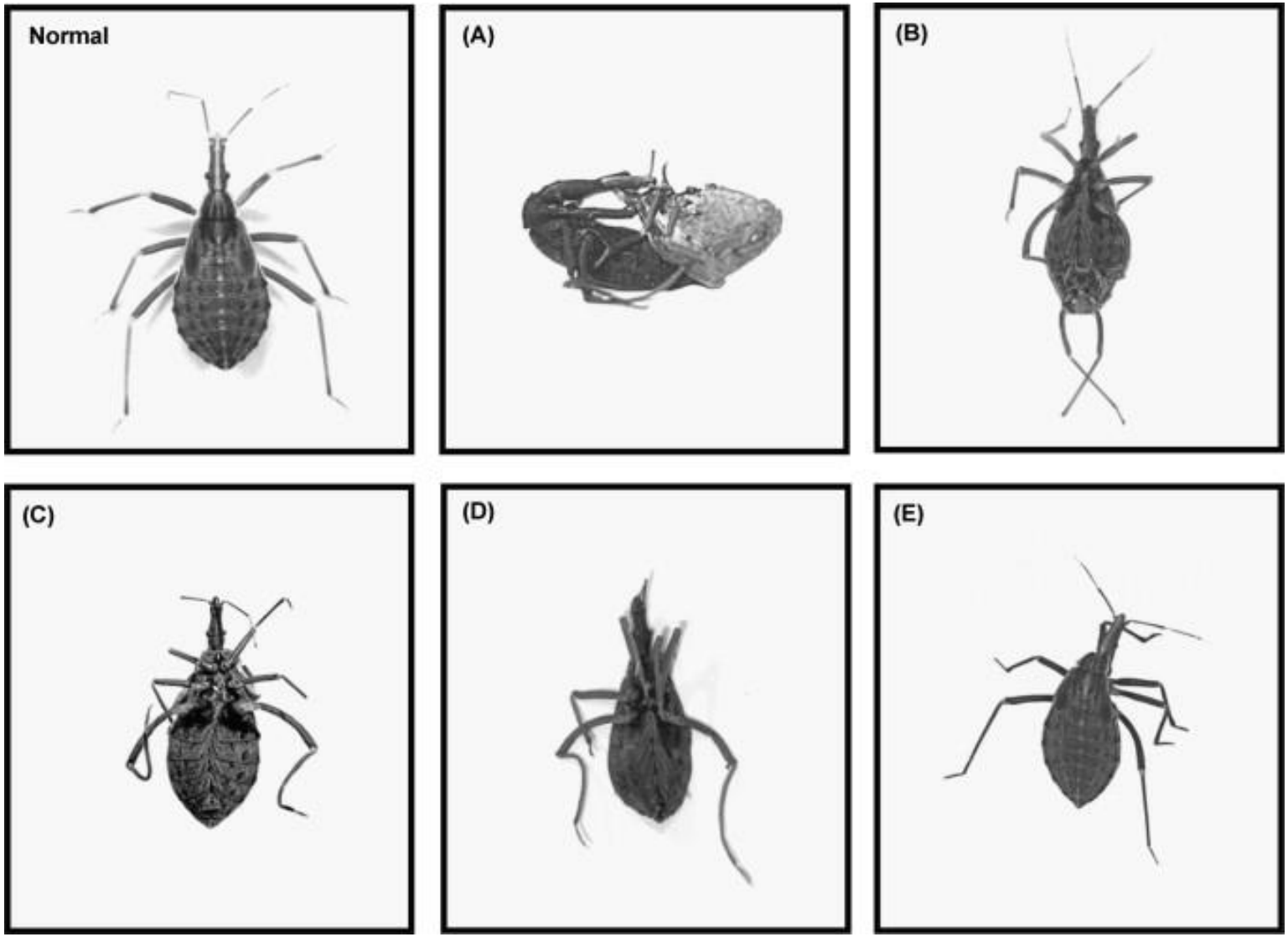


Figure 1. Relative amounts of food eaten by a fall armyworm caterpillar during each growth stage.


Normal
(A)
(B)
(C)
(D)
(E)

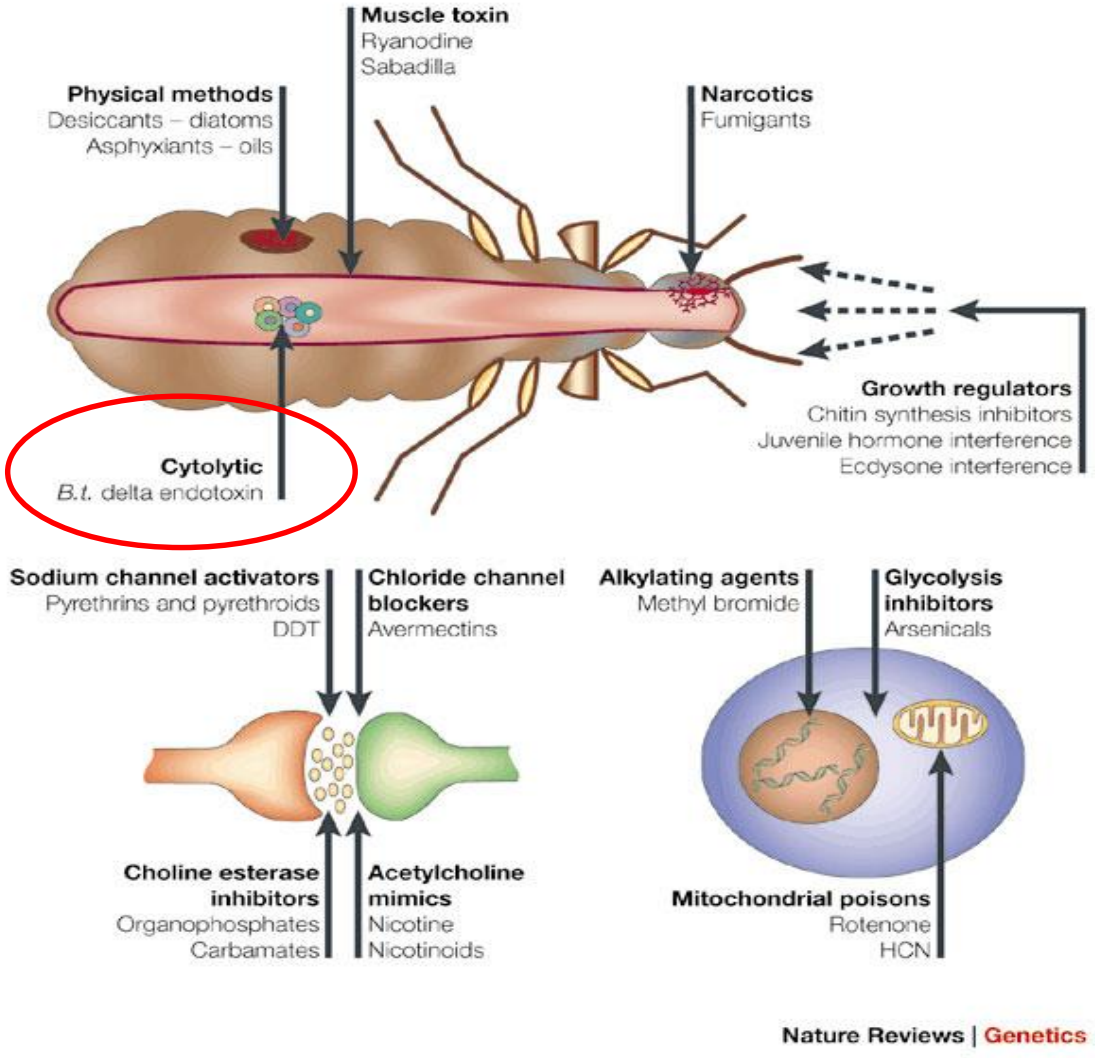
Selectividad fisiológica de insecticidas vertebrados-insectos por blanco de acción

¿El blanco de acción es el mismo en insectos y vertebrados?	Si es el mismo ¿es similar en insectos y vertebrados?	Posibilidades de selectividad	Ejemplos
SI	SI	Impredecible	Sistema nervioso-fosforados
NO	---	Muy probable	Crecimiento y metamorfosis - IGR
SI	NO	Probable	Olfato - Antialimentarios

Entomopatogenos

- Toxinas Bacterianas.

- Virus.

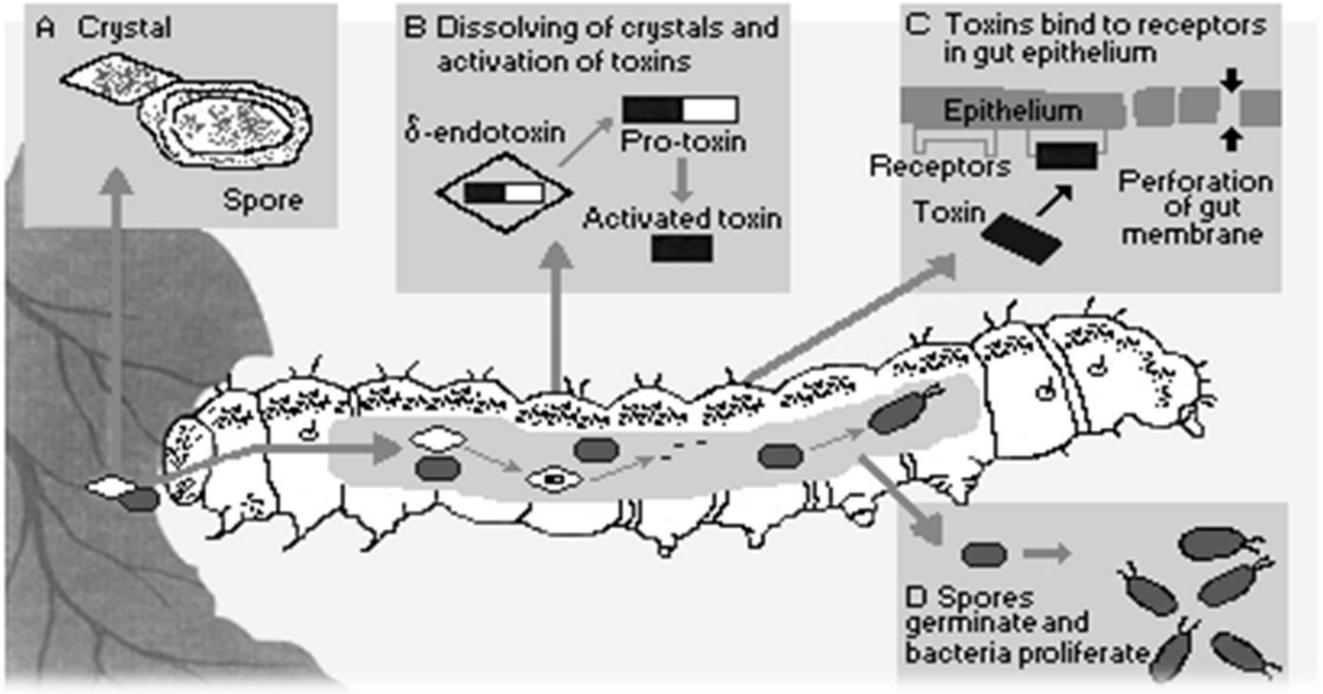


• ***Bacillus thuringiensis (Bt):*** Existen más de 30 variedades diferentes con actividad insecticida.

El Bt forma un cuerpo cristalino de inclusión durante la esporulación el cual contiene ciertas proteínas que son insecticidas. Cuando estas son consumidas por el insecto, la inclusión se disuelve en el estómago medio y libera las d-endotoxinas que luego de ser ingeridas son divididas en una forma activa por proteasas que hay en el estómago medio. Las toxinas activas se ligan a membranas específicas de los tejidos epiteliales del estómago medio y alteran sus propiedades de permeabilidad iónica al formar un poro o canal de cationes.

El movimiento de iones por este poro altera el pH y los gradientes de potasio y lleva a una lisis del epitelio, parálisis de todo el estómago y muerte.

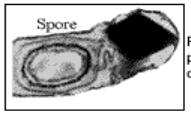
Mecanismo de Toxicidad *de Bacillus thuringiensis*



Bacillus thuringiensis

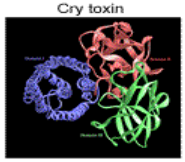


Gram-positive, spore-forming soil bacterium



Produce insecticidal crystal proteins (δ-endotoxins) during sporulation

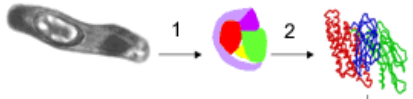
Cry toxin



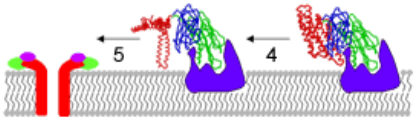
Most *Bt* strains can synthesise more than one crystal, which may be formed by different Cry toxins

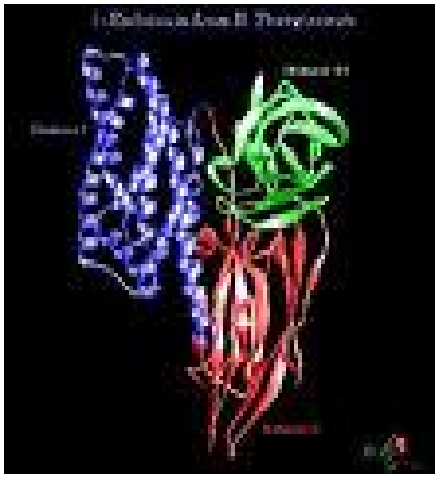
Bacillus thuringiensis

Proposed mode of action of Cry toxins



1) Ingestion & solubilisation of protoxin
2) Proteolytic activation at N- and Ca- termini
3) Interaction with cell surface binding protein
4) Conformational change exposing α4-5 helical hairpin
5) Oligermisation & insertion in membrane to form pore





Formulados de *Bacillus thuringiensis*





Bacillus Thuringiensis Kurstaki 16000 to 32000iu/mg WP
Bio-insecticides
Longxiang Chemistry Co., Ltd.





Selectividad de distintas especies de *Bacillus thuringiensis*

Especie microbiana	Subespecie	Toxina	Que controla
Bacillus thuringiensis	Kurstaki	Endotoxina Proteica	Lepidoptera
Bacillus thuringiensis	Tenebrionis	Endotoxina Proteica	Coleoptera
Bacillus thuringiensis	Israeliensis	Endotoxina Proteica	Mosquitos (*Aedes*)

Table 13. Effects of Btk on non-target arthropods

Arthropod order	Type of study	Results[a]	References
Acarina	Field	–	Weires & Smith, 1977; Horsburgh & Cobb, 1981
Coleoptera	Laboratory	–	Wilkinson et al., 1975; Obadofin & Finlayson, 1977
	Field	–	Harding et al., 1972; Buckner et al., 1974; Johnson, 1974; Wallner & Surgeoner, 1974; Asquith, 1975
Dermaptera	Laboratory	–	Workman, 1977
Diptera	Laboratory	–	Hamed, 1978–1979
	Laboratory	–	Horn, 1983
	Field	–	Dunbar et al., 1972; Fusco, 1980
Heteroptera	Laboratory	–	Hamed, 1978–1979
	Field	–	Harding et al., 1972; Elsey, 1973; Jensen, 1974; Wallner & Surgeoner, 1974
Hymenoptera (Honey-bees)	Laboratory	–	Krieg, 1973
	Laboratory	–	Krieg et al., 1980
	Field	–	Buckner et al., 1974
Hymenoptera (Parasitoids)	Laboratory	–	Wallner & Surgeoner, 1974; Hassan & Krieg, 1975; Krieg et al., 1980
	Laboratory	+ –	Dunbar & Johnson, 1975; Mück et al., 1981; Weseloh & Andreadis, 1982; Wallner et al., 1983; Thomas & Watson, 1986
	Field	–	Dunbar et al., 1972; Buckner et al., 1974; Wanller & Surgeoner, 1974; Hamel, 1977; Morris et al., 1977; Morris et al., 1980; Fusco, 1980
	Field	+	Weseloh et al., 1983
Neuroptera	Laboratory	–	Wilkinson et al., 1975; Hassan, 1983
Dictyoptera (mantis)	Laboratory	–	Yousten, 1973

[a] – = no effect reported; + an effect was reported, but does not imply that either individual arthropods or populations of arthropods were adversely affected.

Avermectinas

Estos compuestos presentan actividad nematicida, insecticida y acaricida.
Presentan una rápida degradación en el ambiente y una baja o nula acumulación.

El modo de acción consiste en el bloqueo de la actividad eléctrica en los nervios y los músculos de invertebrados al incrementar la conductancia de las membranas a los iones de cloro.

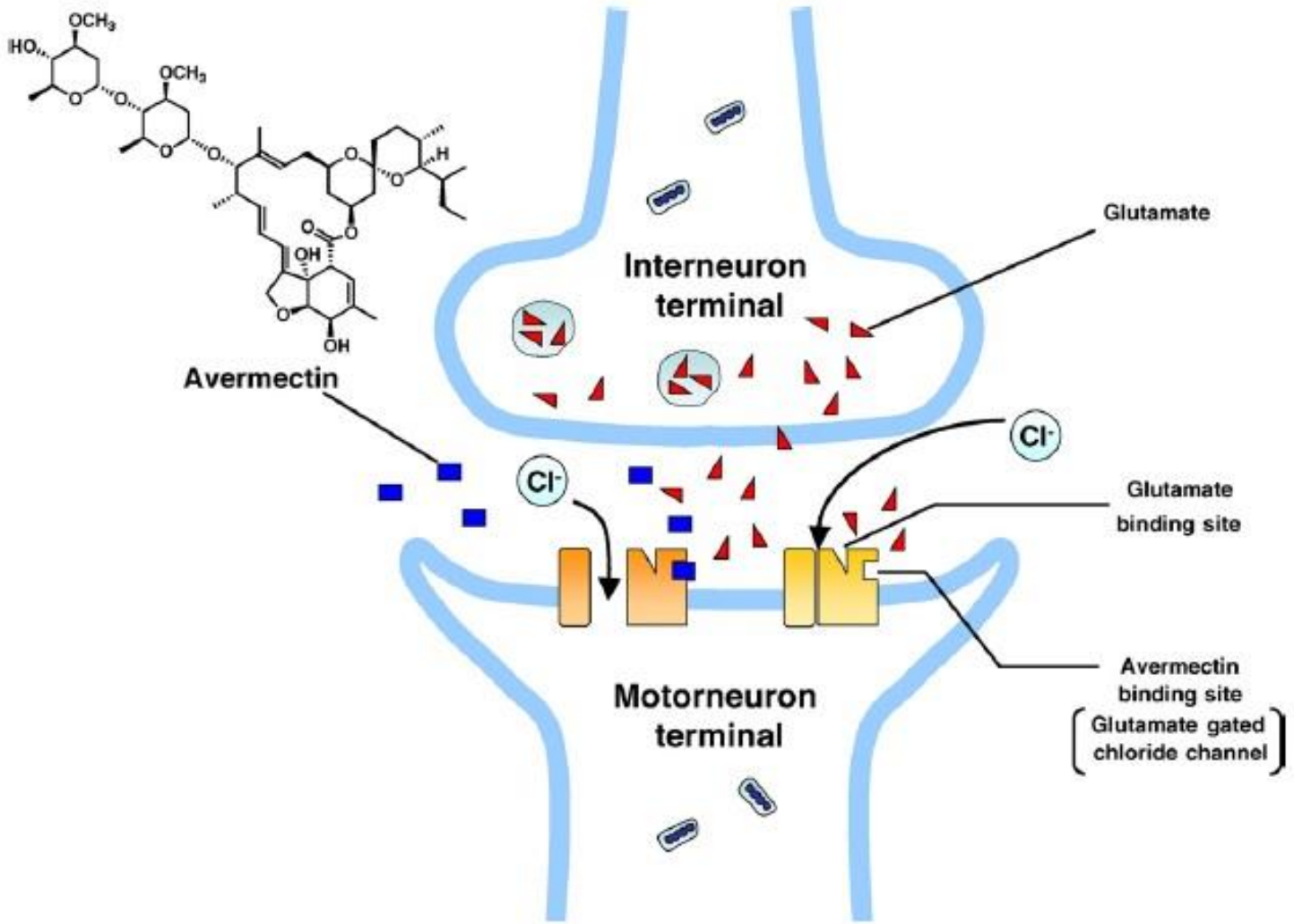
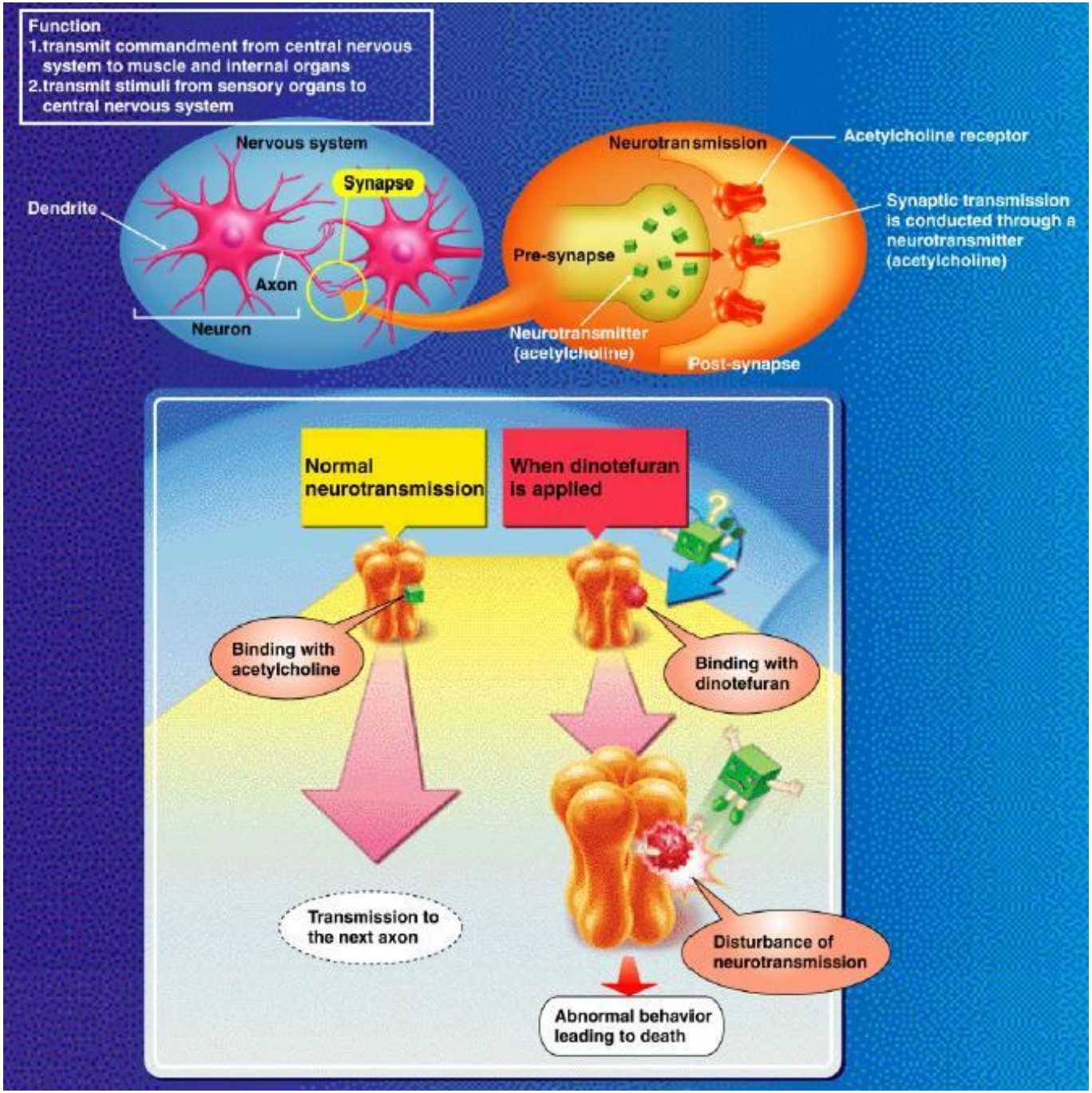


Fig. 1. Mode of action of avermectin at nematode synapse.

Neonicotinoides

Son el grupo más reciente de los insecticidas sintéticos. Entre ellos tenemos al imidacloprid, el nitepiram, etc.

El modo de acción (como el de la nicotina) es el de imitar la acción de la acetilcolina (que una vez liberada por la célula presináptica, se fija al receptor nicotínico postsináptico acetilcolina y activa un canal de cationes intrínseco).
La nicotina y el imidacloprid también activan el receptor nicotínico de la acetilcolina, pero lo hacen de manera persistente, ya que son insensibles a la acción de la acetilcolinesterasa. Esta activación persistente lleva a una sobre estimulación de las sinapsis colinérgicas, y resulta en hiperexcitación, convulsiones, parálisis, y muerte del insecto.



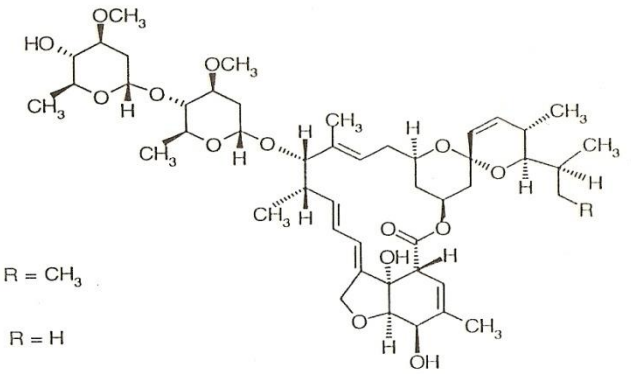
Neonicotinoides

Insecticidas-Acaricidas de Origen Microbiano

abamectin

Insecticide, acaricide

avermectin



(i) R = CH_3

(ii) R = H

milbemectin

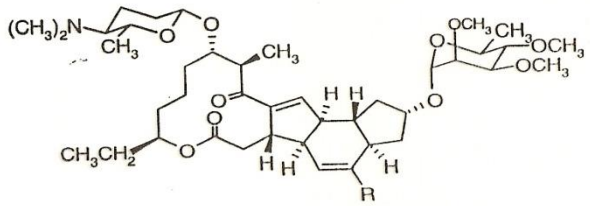
Acaricide, insecticide



Milbemycin A_3 : R = CH_3
Milbemycin A_4 : R = CH_2CH_3

754 XDE-105

Insecticide



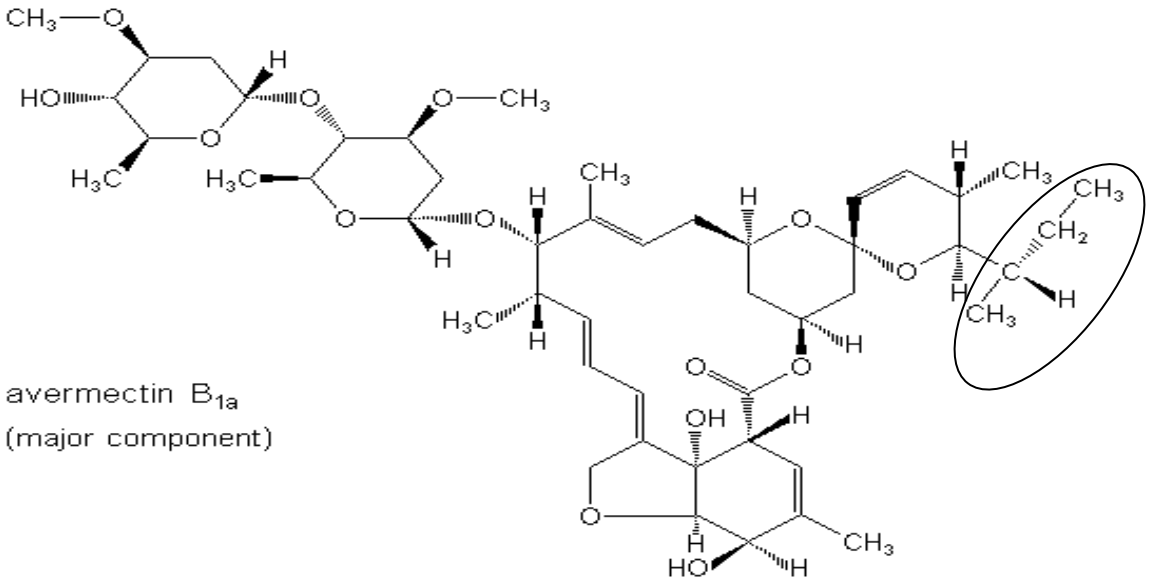
spinosyn A, R = H-

spinosyn D, R = CH_3-

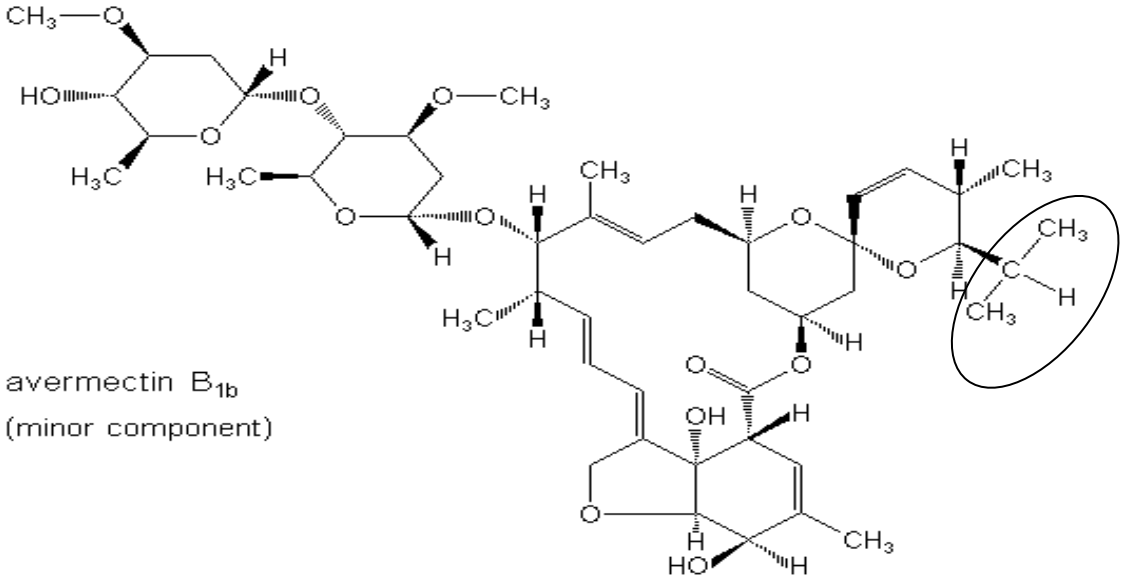
Toxicidad de Toxinas Microbianas

Toxina	DL50 (mg/kg) Ratas	Máxima dosis de uso g/Ha
Abamectina	10	28
Milbecmetina	456	---
Spinosad	> 5000	100
Endotoxina Bt	> 5000	---
Endotoxina Bs	> 5000	---

Abamectina



avermectin B_{1a}
(major component)



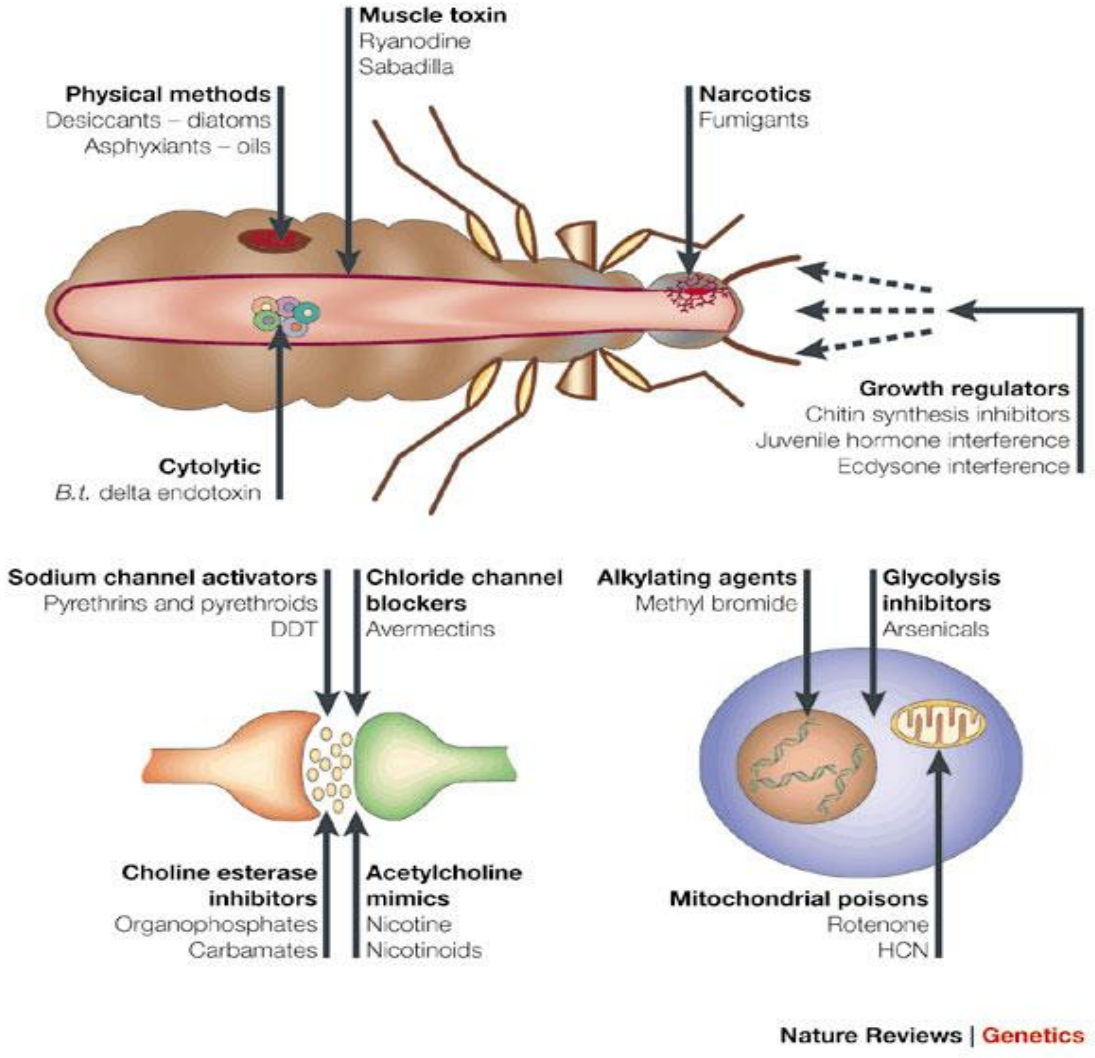
avermectin B_{1b}
(minor component)

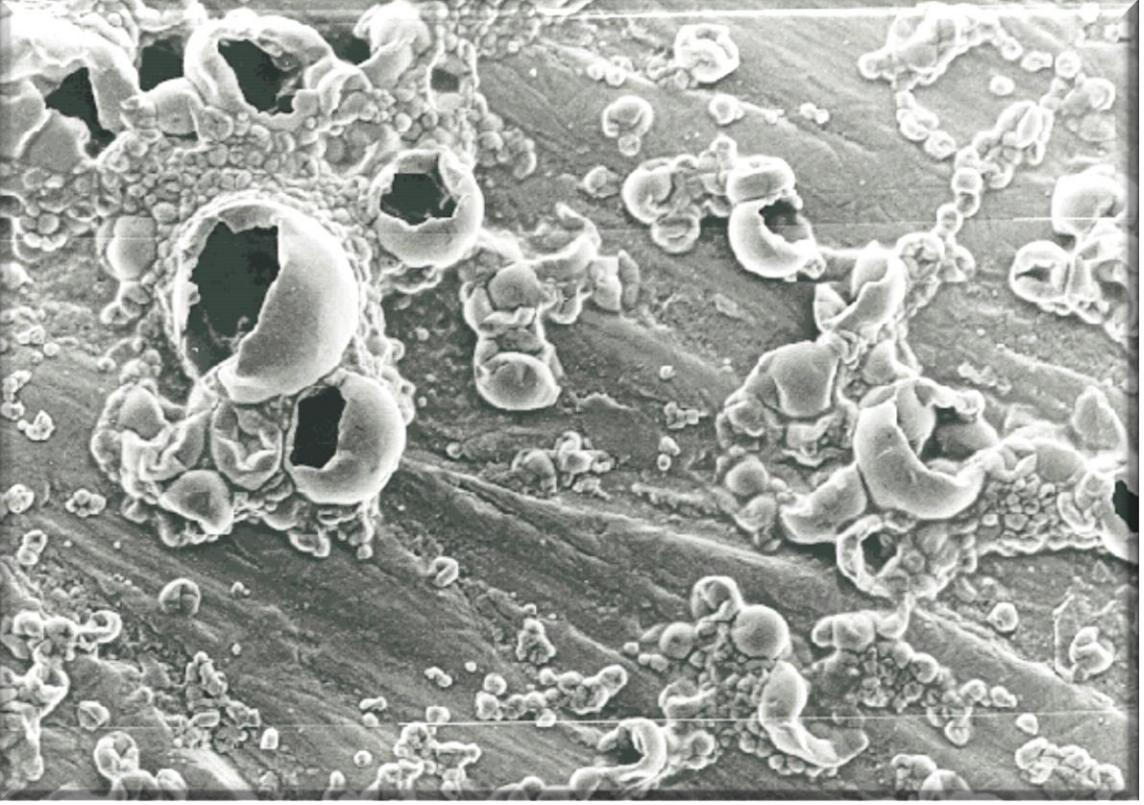
4ta GENERACIÓN: 1980....Act.

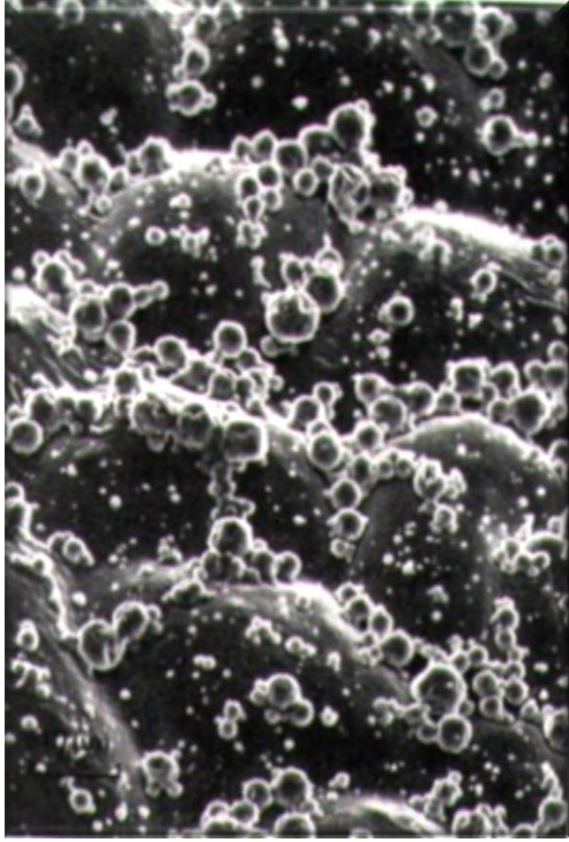
- Feromonas.

- Kairomonas.

- Insecticidas Naturales.







El primer insecticida orgánico sintético fue desarrollado en el año 1892 por Friedrich Bayer & Co. en Alemania y fue el metil dinitrofenol (DNOC). Este insecticida fue empleado para el control de polillas. El segundo grupo de insecticidas orgánicos involucra a los tiocianatos. Estos insecticidas fueron desarrollados en 1930 y su uso continúa hasta el presente (aunque en algunos países existen restricciones).

Principales ventajas de insecticidas naturales

- Son naturalmente sustentables.
- En general baja persistencia.
- Hay buenas posibilidades que sean selectivos.
- En muchos casos son de costo menor que los sintéticos.
- Estructuras modelo para insecticidas sintéticos.

Principales desventajas de insecticidas naturales

- Puede haber dificultades para la protección por patente
- La selectividad y baja persistencia pueden influir negativamente en sus posibilidades comerciales
- No siempre los compuestos naturales son de baja toxicidad para mamíferos
- El abastecimiento puede ser mas limitado respecto a los sintéticos

No siempre lo natural es inocuo para humanos

ALGUNOS PLAGUICIDAS NATURALES QUE MOSTRARON EFECTO CARCINOGENICO EN ROEDORES. CONTENIDO EN ALIMENTOS.

PLAGUICIDA	ALIMENTO	CONC. (ppm)
SINIGRINA (isotiocianato de alilo)	MOSTAZA	16000 - 72000
	REPOLLO	35 - 590
	COLIFLOR	12 - 66
D-LIMONENO	JUGO DE NARANJA	31
	PIMIENTA NEGRA	8000
SESAMOL	SEMILLAS DE SESAMO	75
ACIDO CAFEICO	MANZANA, UVA, PAPA	50 - 200
	CAFE	1800

B. Ames and L.Gold, Proc.Natl.Acad.Sci.USA, 87, 7772 (1990)

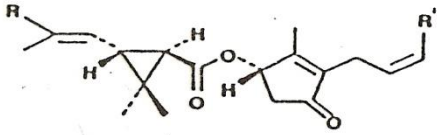
Insecticidas Botánicos Históricos

PIRETRINAS

Extraídas de flores de piretro del género <u>Chrysanthemum</u> – Neurotóxicas

"Pyrethrins I"—esters of chrysanthemic acid (chrysanthemates)

Pyrethrin I	CH_3	$CH{=}CH_2$
Cinerin I	CH_3	CH_3
Jasmolin I	CH_3	CH_2CH_3

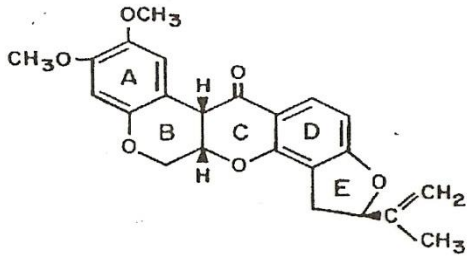


"Pyrethrins II"—esters of pyrethric acid (pyrethrates)

Pyrethrin II	$CH_3OC(O)$	$CH{=}CH_2$
Cinerin II	$CH_3OC(O)$	CH_3
Jasmolin II	$CH_3OC(O)$	CH_2CH_3

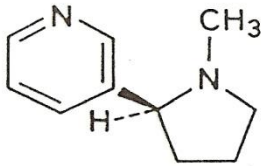
ROTENONA

Extraída de raíces de <u>Derris elíptica</u> (<u>Leguminosae</u>) – Inhibe metabolismo respiratorio



NICOTINA

Extraída de hojas de tabaco (<u>Nicotiana tabacum</u>) - Neurotóxica



Aceites esenciales

⇒ Son aceites volátiles que se extraen de las hojas, tallos, flores o ramas de la planta.

⇒ Responsables del olor característico de la planta

⇒ En estado puro son extremadamente concentrados

⇒ Se encuentran en poca cantidad, se necesitan 10 toneladas de flores o plantas para obtener 1 litro de aceite esencial.

⇒ Función: aleloquímicos o compuestos secundarios importante en el metabolismo de la planta y con función defensiva

⇒ Químicamente son terpenos, alcaloides, glicósidos cianogénicos, etc. Algunos son compuestos únicos (aceite de pirola) pero la mayoría son mezclas (peperina)

⇒ Usos: productos farmacéuticos, cosméticos, y alimenticios, aromaterapia, herboristería. En Argentina hay 30000 ha cultivadas con plantas aromáticas. En la provincia de Córdoba se cultivan e industrializan 97 especies (38 autóctonas)

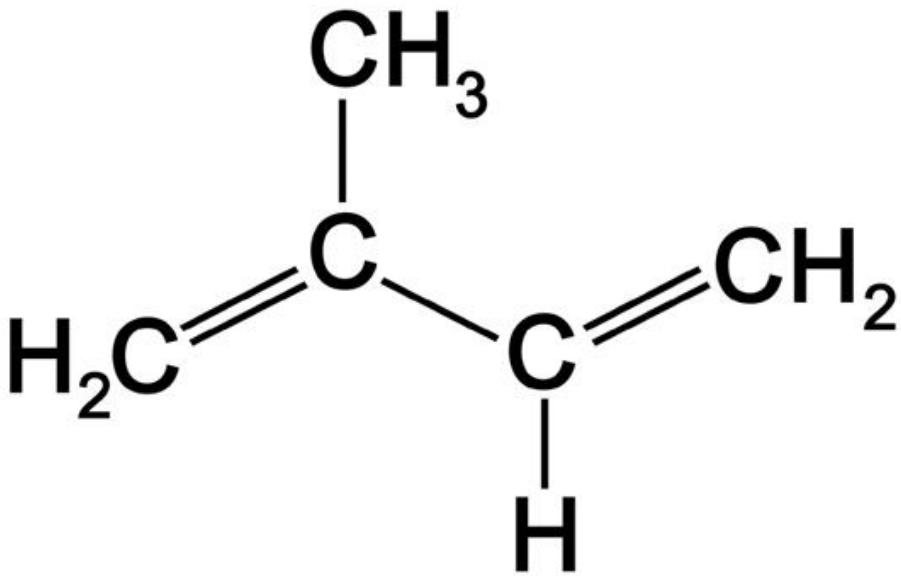
⇒ Obtención: destilación por vapor

Terpeno-terpenoides

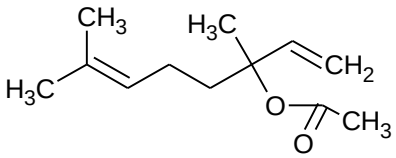
Terpeno:

Un hidrocarburo no saturado con fórmula empírica $C_{10}H_{16}$.

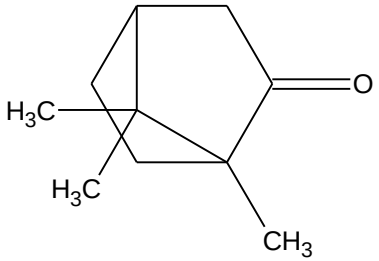
Se basan en la unidad isopreno (C_5H_8), y pueden ser de cadena abierta o cíclica. Se clasifican como monocíclicos, dicíclicos y acíclicos. Derivados de terpenos, *terpenoides* **(Hawley, G. *Diccionario de química*)**. Constituidos por unidades isopreno (2-metil-1,3-butadieno). Se clasifican según las unidades isopreno: monoterpenos (2), sesquiterpenos (3), diterpenos (4), triterpenos (6), tetraterpenos (8).



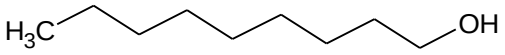
Unidad isopreno



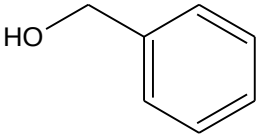
Acetato de linalilo



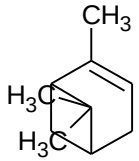
Alcanfor



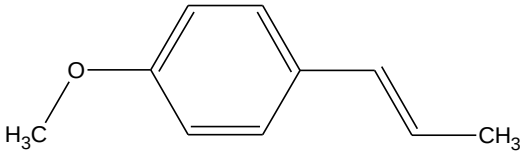
Alcohol nonílico



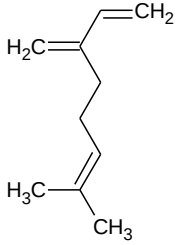
Alcohol bencílico



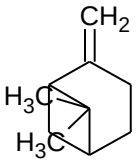
α-Pineno



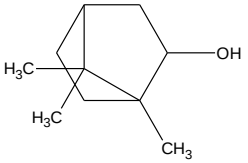
Anetol



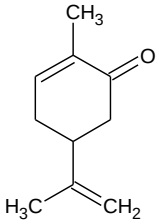
β - Mirceno



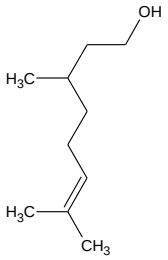
β - Pineno



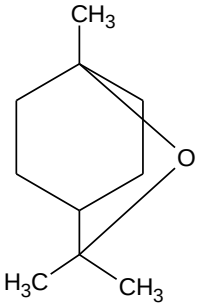
Borneol



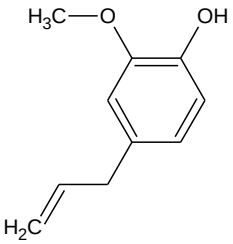
Carvona



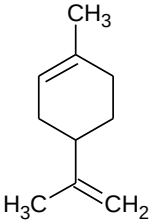
Citronelol



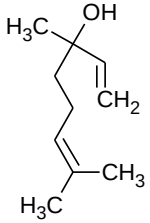
Eucaliptol



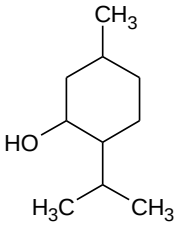
Eugenol



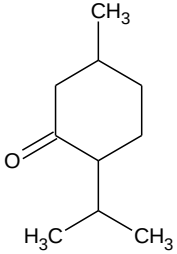
Limoneno



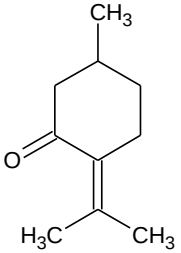
Linalool



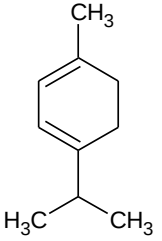
Mentol



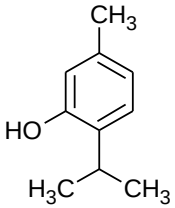
Mentona



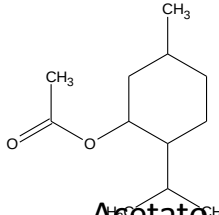
Pulegona



Terpineno



Timol

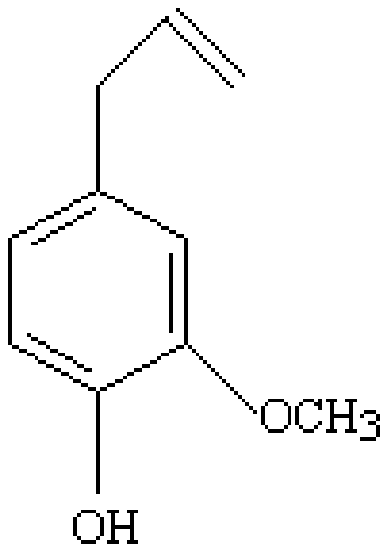


Acetato de mentilo

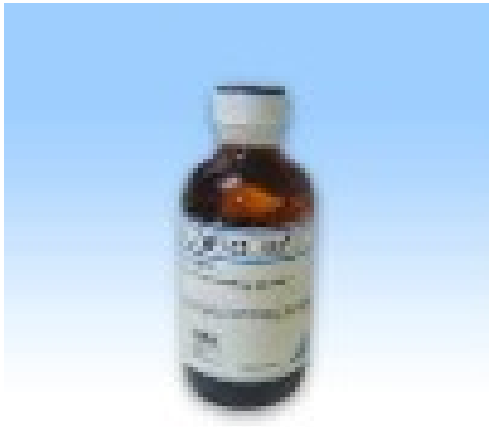
Eugenol: Componente del clavo de olor



Clove (*Syzygium aromaticum*) is a source of eugenol used in some botanical pesticides

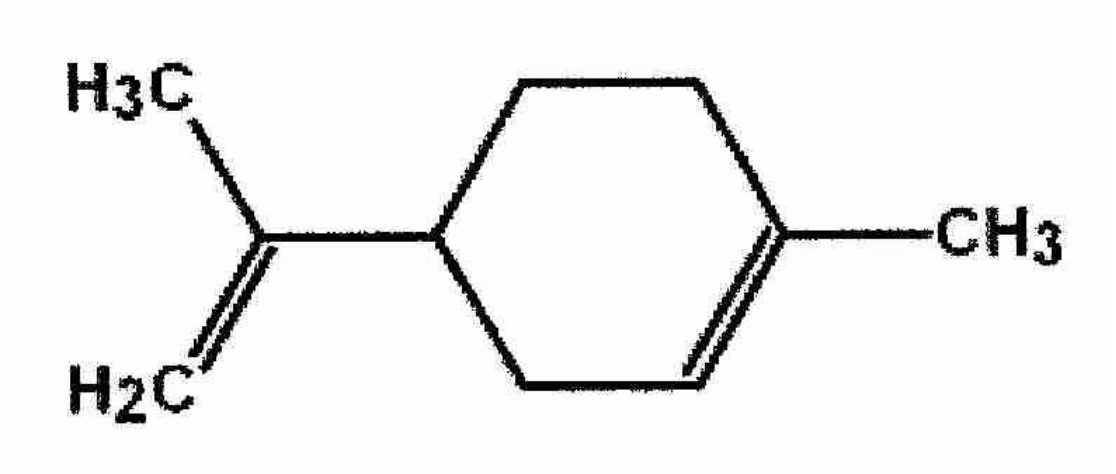


Eugenol



Eugenol 0.3%

Limoneno


H3C
CH3
H2C


ADAMS
D-LIMONENE
FLEA & TICK
SHAMPOO
ADAMS
KILLS FLEAS AND TICKS
WARNING

Insecticida Botánico con aceites esenciales



Thyme Oil 0.45% Eugenol (Clove Oil) 0.45% Sesame Oil 0.45%

Insecticida originado en el arbol de NEEM



COMPONENTES DEL *NEEM*

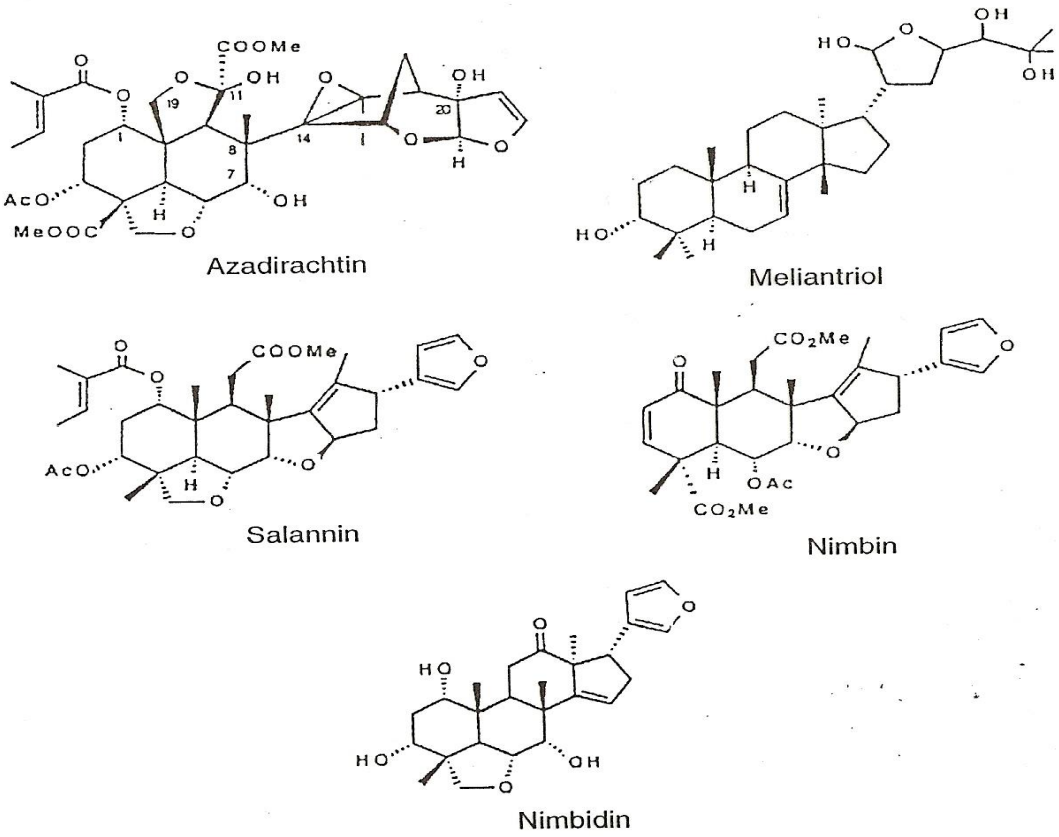


Fig. 13.7. Active neem components

El árbol NEEM de la India es Azadiracta indica y pertenece a la familia Meliaceae. Sus extractos de hojas y semillas presentan actividad de control de plagas

ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS COMPONENTES DE NEEM

AZADIRACTINA
Representa el 90% de la efectividad de los extractos de NEEM. Es un disuasivo alimentario y un regulador de crecimiento (impide la muda de insectos bloqueando la ecdisona)

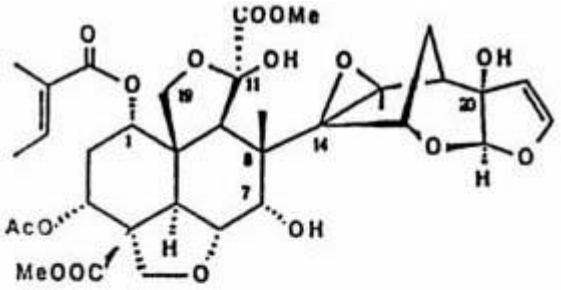
MELIANTRIOL
Antialimentario

SALANNIN
Poderoso antialimentario

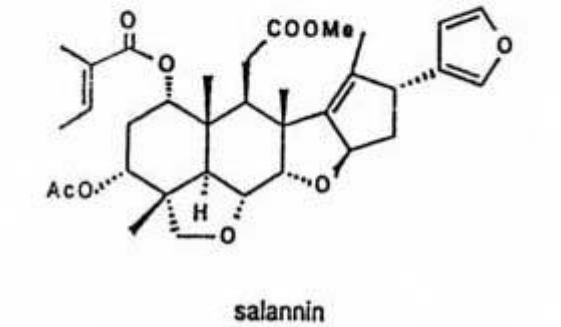
NIMBIN Y NIMBIDIN
Actividad antiviral

DEACETILAZADIRACTINA
Actividad similar a la Azadiractina

Insecticida en base a NEEM



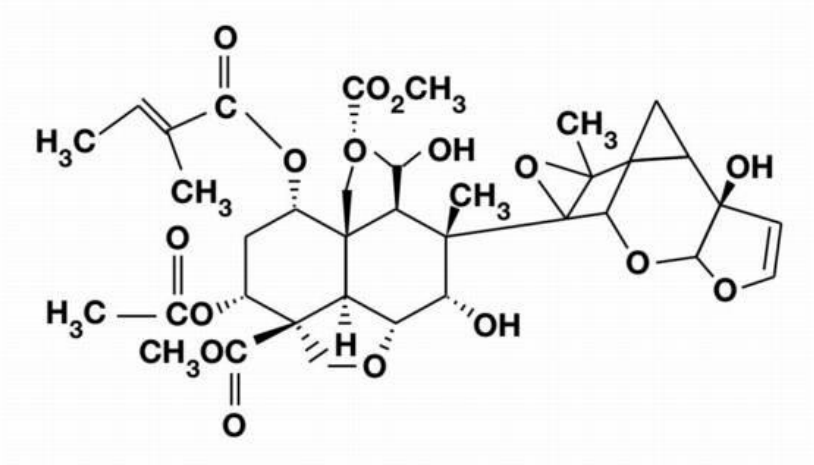
azadirachtin



salannin

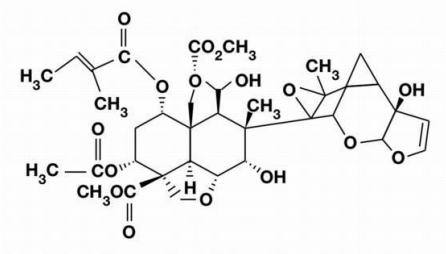


Insecticida en base a Azadiractina





Obtención de Azadiractina



- Extracción con solventes
- Biotecnología cultivos de líneas celulares del arbol
- Síntesis

SINTESIS

Gemma E. Veitch, Edith Beckmann, Brenda J. Burke, Alistair Boyer, Sarah L. Maslen, Steven V. Ley **(2007).** «Synthesis of Azadirachtin: A Long but Successful Journey». *Angewandte Chemie International Edition* **46**: pp. 7629

Piperaceae

- **Árboles, arbustos, hierbas o bejucos, a veces epífitas, las trepadoras con raíces adventicias en los nudos. Eléocitos presentes en diversas partes de la planta, aromáticas, con aceites esenciales**

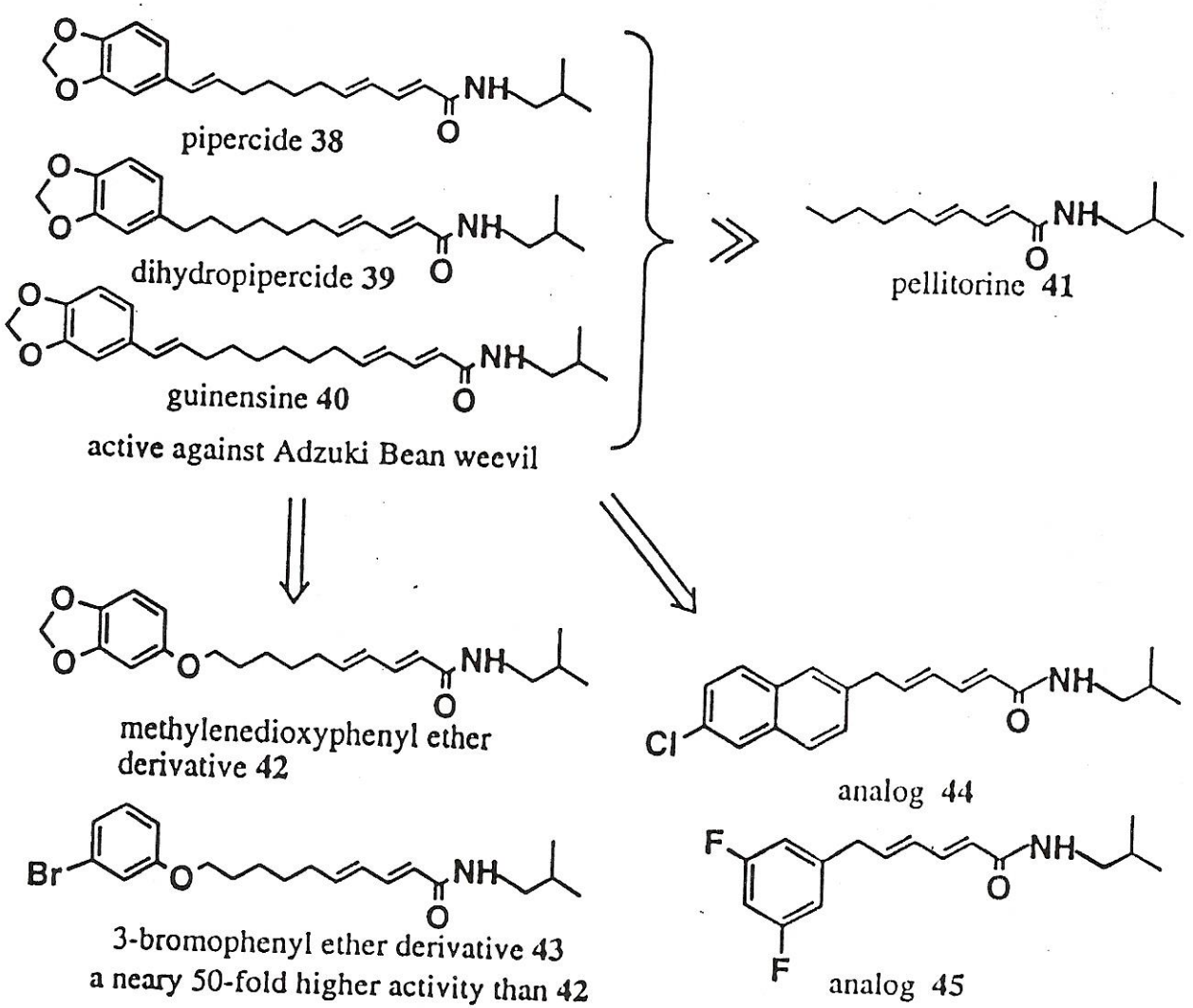


Peperomia graveolens



Piper nigrum

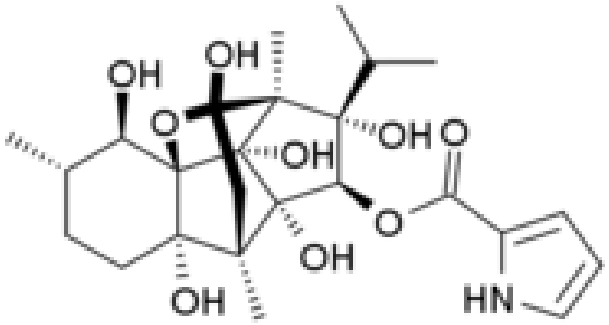
Activos de Piperaceae y amidas dienos derivadas



2. Insecticidal *Piperaceae* Diene Amides and Related Compounds

ryanodine





Ryania speciosa

- Rianodina es un alcaloide activo como insecticida obtenido de un arbusto tropical. *Ryania speciosa*

- Ryanodine actua uniéndose a canales de calcio del retículo sarcoplasmico del músculo permitiendole a los iones Ca++ entra a las células produciendo su muerte con una masiva contracción muscular

- Alto costo, poca selectividad y muy baja residualidad