

# Entomopatógenos, herramienta valiosa en el Manejo Integrado de plagas



**Augusto Ramírez-Godoy**

Ingeniero Agrónomo MSc. PhD.  
Director Laboratorio de Entomología  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



**FERIA DE LA PALMA**

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

# ¿Por qué utilizar Control Biológico?

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

1. Para manejo de plagas de forma sostenible, segura y ecológica, reduciendo la dependencia de plaguicidas químicos.
2. Sostenibilidad Ambiental: No contamina el agua ni el suelo, siendo una alternativa segura para el ecosistema.
3. Alta Selectividad: Atacan específicamente a la plaga objetivo, sin afectar aves, mamíferos y otros organismos benéficos.
4. Ayuda a la Seguridad Alimentaria.
5. Por la perdurabilidad en el tiempo.
6. Por costos.



# Definición de Control Biológico

Es la utilización por la humanidad de un organismo benéfico el cual se alimenta de, o compite con, otro organismo (la plaga) para reducir la tasa de crecimiento de población y el daño causado.

**Es el uso deliberado de Parásitos, Parasitoides, Depredadores y Entomopatógenos, para el manejo de poblaciones plaga.**

# Características deseables de un ACB:

- **Alta especificidad:** Especie-específico  
Genero-específico
- **Adaptabilidad:** al agroecosistema donde existe la plaga
- **Producción masiva:** a escala artesanal o industrial.
- **Respuesta funcional alta:** Número de presas consumidas por depredador por unidad de tiempo
- **Respuesta numérica alta:** Capacidad de incremento poblacional del ACB/EN a expensas de la presa.

# Clases de ACB

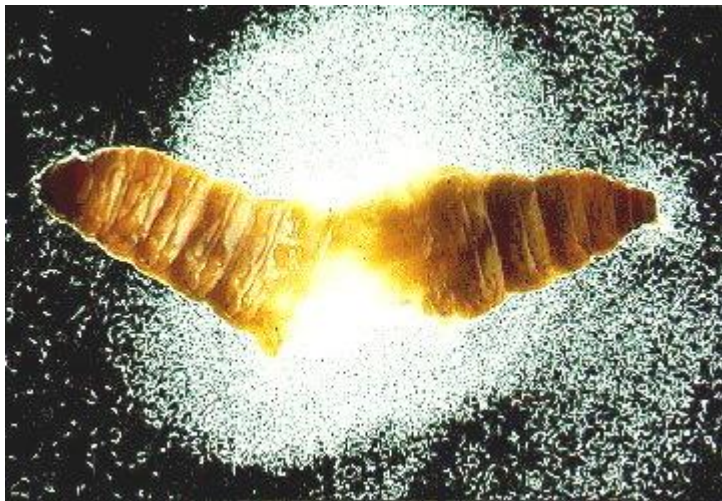
- **Depredadores:** Los artrópodos carnívoros son aquellos que utilizan proteína animal de presas vivas como una fuente de alimento.

Consumen o ingieren parte de o toda la presa, usualmente resultando en la muerte de la misma.

**Parasitoides:** son insectos (y 1 ácaro) que se desarrollan en estado larval alimentándose del cuerpo de otros artrópodos, usualmente insectos. No matan inmediatamente a su hospedero, requiriendo solamente uno durante su vida en estado larval.



**Entomopatógenos:** Tal como lo indica su nombre (*entomon*: insecto, *pathos*: enfermedad, *gennân*: engendrar), se trata de enfermedades de los insectos causadas por bacterias, hongos, virus, protozoos y nematodos.



**Macroorganismos entomopatógenos:**  
Nematodos

**Microorganismos entomopatógenos:**  
Virus, hongos, bacterias y rickettsias

# Principios Fundamentales

JUNTOS CON PROPÓSITO, CULTIVAMOS PROGRESO

- Identificación precisa de la plaga objetivo
- Fuente de Organismo benéfico
- Especificidad del Agente
- Cría, cuidado y distribución de ACB
- Fallas del Ecosistema
- Liberación de parasitoides
- Monitoreo

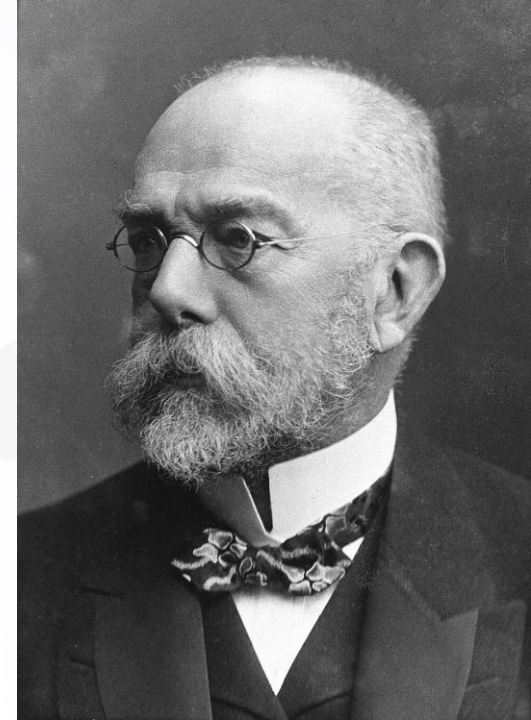
# ¿Qué son los entomopatógenos?

La Patología de Artrópodos es la ciencia de sus enfermedades, etiología, síntomas y epizootiología, con tendencia a controlarlo cuando ocurren junto a sus enemigos naturales.

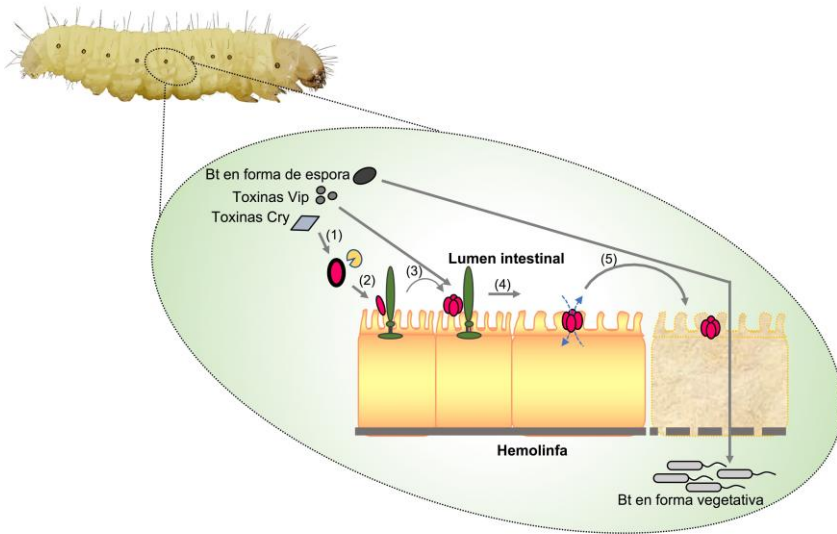
Control Microbiano de artrópodos es la utilización deliberada de microorganismos para combatir especies de artrópodos plaga.

# Postulados de Koch

- El microorganismo debe estar presente en todos los individuos con la misma enfermedad.
- El microorganismo debe ser recuperado del individuo enfermo y poder ser aislado en medio de cultivo.
- El microorganismo proveniente de ese cultivo debe causar la misma enfermedad cuando se lo inocular a otro huésped.
- El individuo experimentalmente infectado debe contener el microorganismo.



# Modo de acción:



Los entomopatógenos tienen dos modos de acción:



## Por Ingestión:

Bacterias y  
Virus, algunos  
nematodos

## Por Contacto:

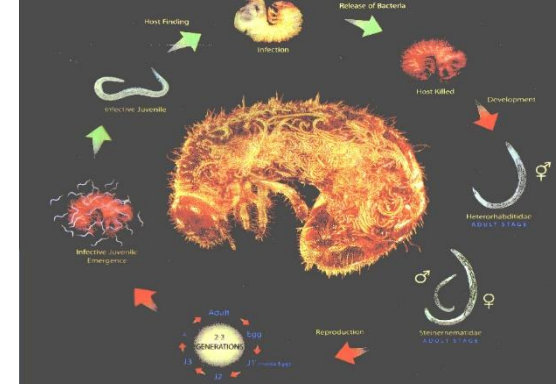
**Hongos** y  
algunos  
nematodos

Hasta el momento no se han reportado modos de acción “translaminar o sistémicos”



## En la actualidad contamos con:

25 hongos (700 spp. entomopatógenos de 70000 spp. descritas)



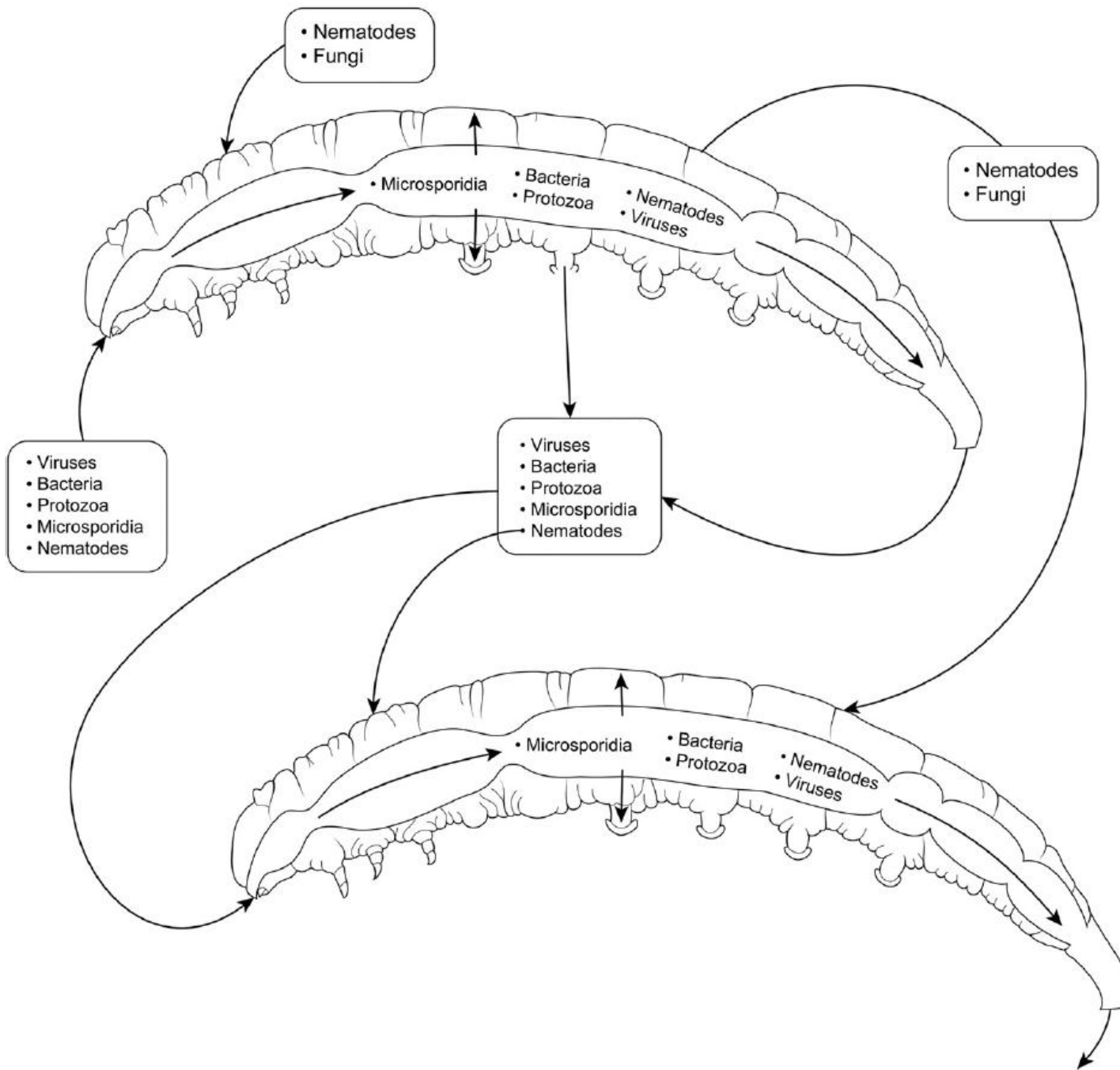
7 bacterias (100 spp. entomopatógenas de 45000 spp. descritas)

650 virus (¿.....? spp. descritas)

Pocos protozoarios

6 nematodos (25000 spp. descritas)





## VIAS DE ENTRADA

Vía oral para Bacterias, virus, otros.  
 Vía Tegumento para hongos y algunos nematodos es cutícula.

Oral infectan células del mesenteron y/o penetrar en el hemocele para causar una infección sistémica.

Los entomopatógenos que penetran a través del tegumento pueden iniciar la infección en la cutícula (hongos) con posterior invasión al hemocele.

En algunos casos, algunas especies de hongos pueden ingresar por la boca o los nematodos pueden ingresar por el ano o los espiráculos.

(Modificado a partir de Tanada y Kaya, 1993.)

# Nematodos Entomopatógenos

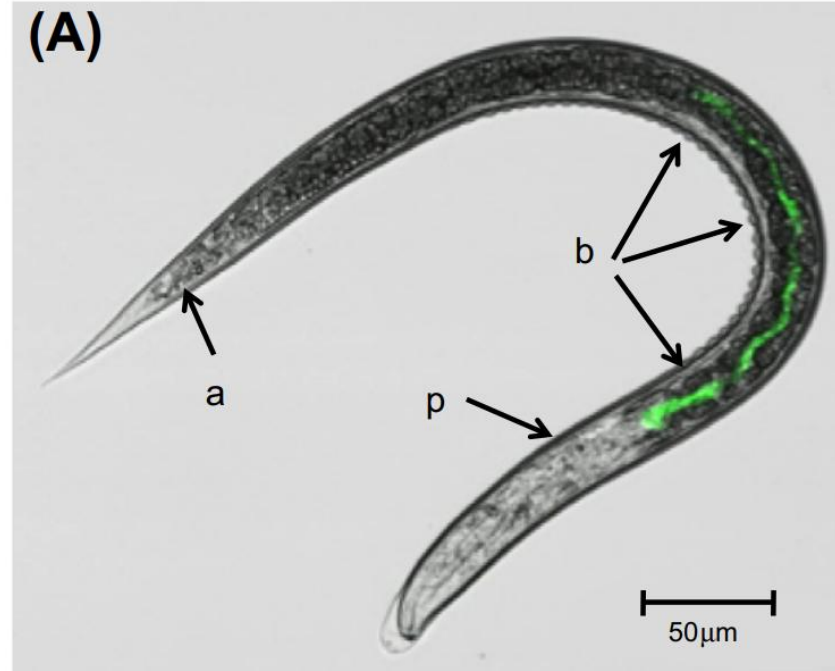
Reino Animalia, Superfilum: Ecdysozoa  
Filum: Nematoda.

Se conocen vulgarmente como gusanos redondos.

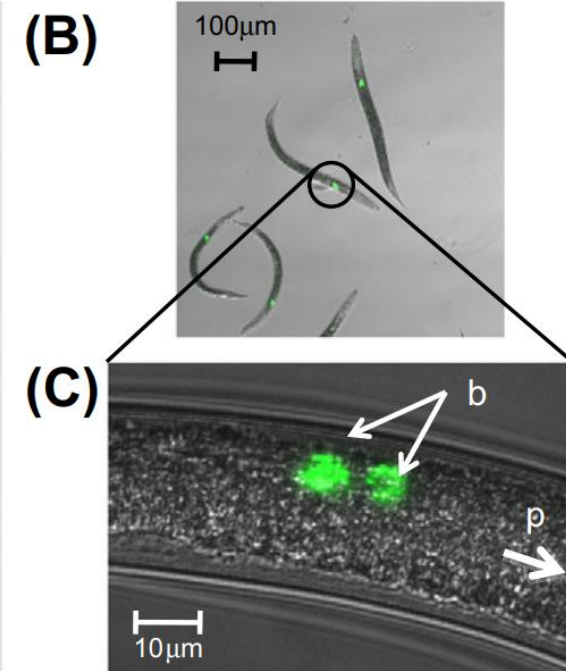
Los géneros *Heterorhabditis* y *Steinernema*, caracterizados por su asociación simbiótica con las bacterias *Photorhabdus* y *Xenorhabdus*, respectivamente.

Estos nematodos entomopatógenos son patógenos de insectos extremadamente virulentos que se han comercializado con éxito como ACB.

## Juveniles infecciosos (JI) con bacterias simbióticas (proteína fluorescente verde)

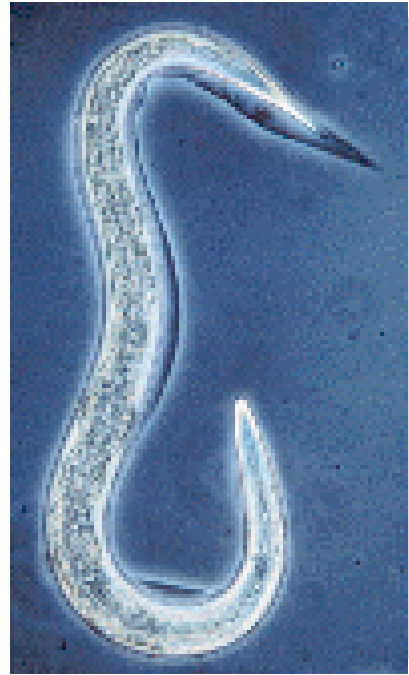


Bacterias *Photorhabdus* (b) colonizan el intestino de los JI comenzando en una posición cercana a la faringe (p) y extendiéndose a través del intestino hacia el ano (a).



Bacterias *Xenorhabdus* (b) también se encuentran cerca de la faringe (p), pero, a diferencia de *Photorhabdus*, colonizan una vesícula específica en el intestino.

# Nematodos Entomopatógenos

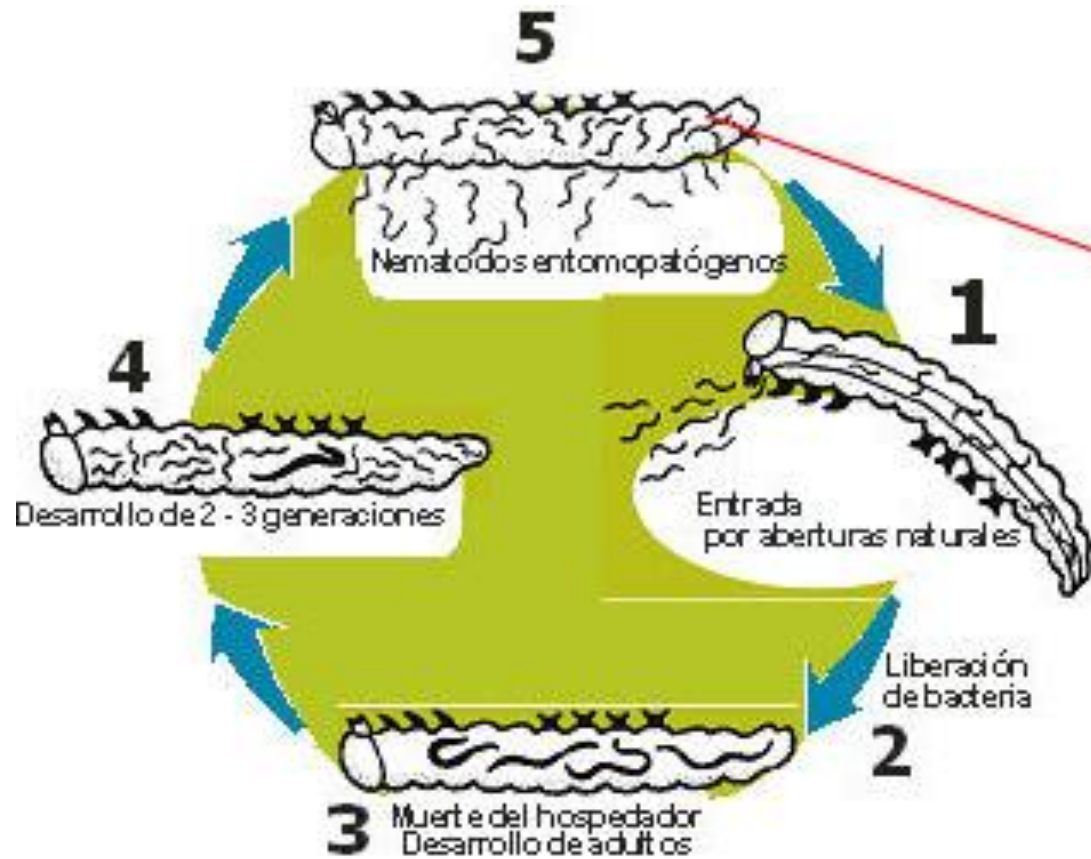
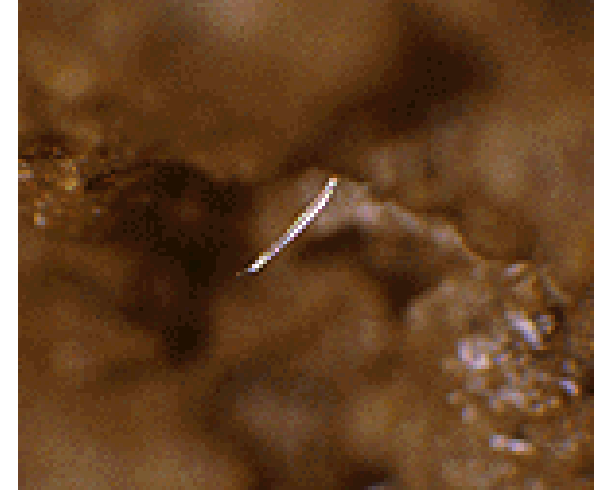


Muchos nematodos pueden ser Entomopatógenos, las especies como *Steinernema* y *Heterorabditis* llevan consigo un microorganismo simbiote del género *Xenorhabdus*, cuya acción determina la muerte de la presa en 24-72 horas.

El nematodo actúa como un vector y sirve para transportar la bacteria de un insecto hospedero a otro.

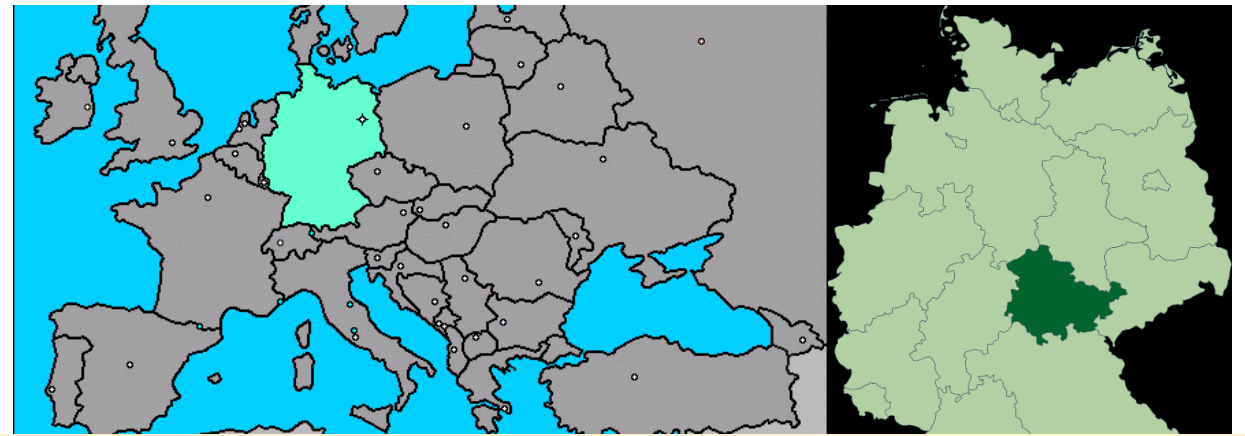
La actividad de esta bacteria crea un sustrato ideal para el desarrollo de miles de nuevos nematodos que abandonarán el cadáver en busca de nuevos hospedadores.





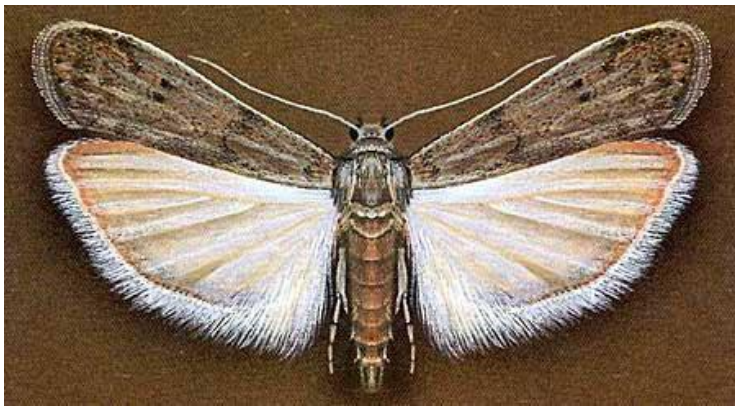
# Bacterias Entomopatógenos

El insecticida microbiano más importante es *Bacillus thuringiensis* o Bt, es una bacteria **Gram-positiva** formadora de esporas que toma su nombre del estado alemán de Turingia, donde fue aislado en 1911 como una enfermedad bacteriana de las larvas de la polilla de la harina.

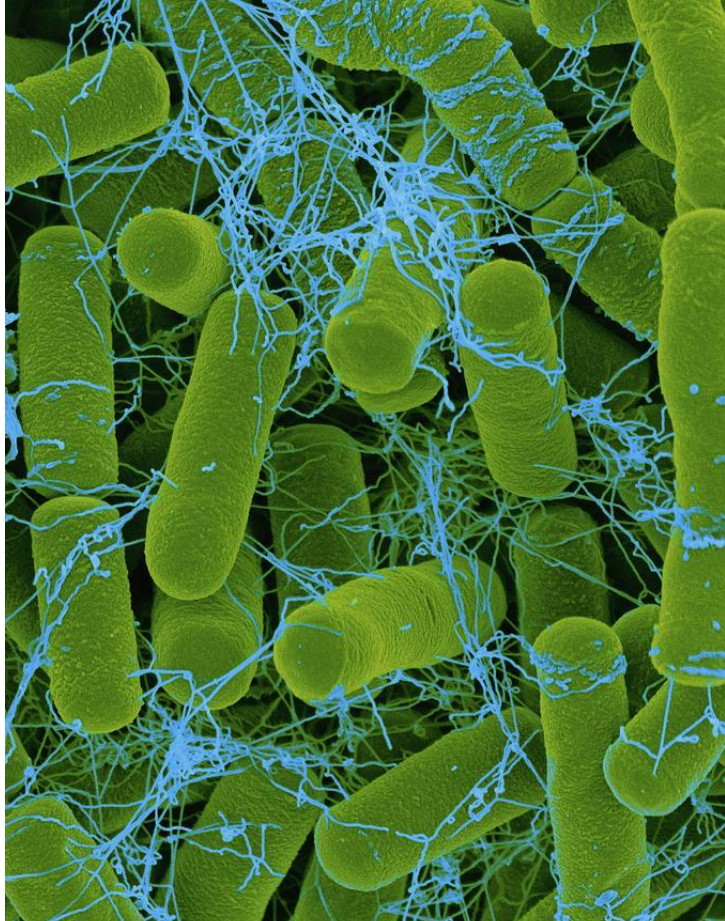


*Bacillus thuringiensis* fue descubierta en 1902 por el biólogo japonés Shigetane Ishiwatari.

En 1911, la bacteria fue redescubierta en Alemania por Ernst Berliner, quien la aisló como causante de una enfermedad que contraían las larvas de la polilla gris de la harina. Se cree que se originó hace 350 millones de años.



La polilla mediterránea de la harina, polilla india de la harina *Ephestia kuehniella*  
Lepidoptera: Pyralidae.



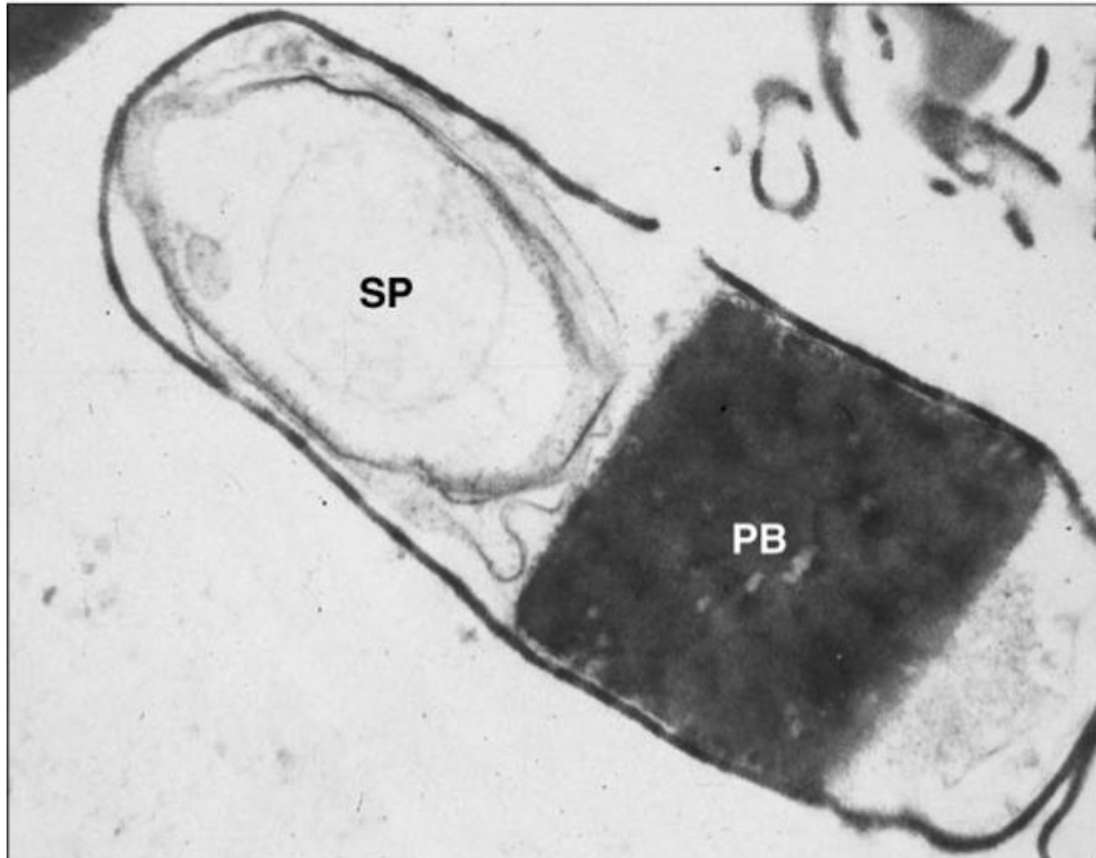
***Bacillus thuringiensis*** es una bacteria de gran interés agronómico y científico. En conjunto, las subespecies de esta bacteria colonizan y matan a una gran variedad de insectos e incluso nematodos, pero cada cepa lo hace con un alto grado de especificidad.



Esto se determina principalmente por el **arsenal de proteínas** cristalinas que la bacteria produce durante la esporulación.



*Bacillus thuringiensis* (Bt) es una bacteria formadora de endosporas que se caracteriza por la presencia de un cristal proteico en el citoplasma de la célula esporulante



Micrografía electrónica de transmisión de una célula de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en esporulación. Las  $\delta$ -endotoxinas se producen como cristales de forma regular (PB; cuerpo proteico), de ahí el nombre de proteínas cristalinas (Cry), junto a una espora (SP).

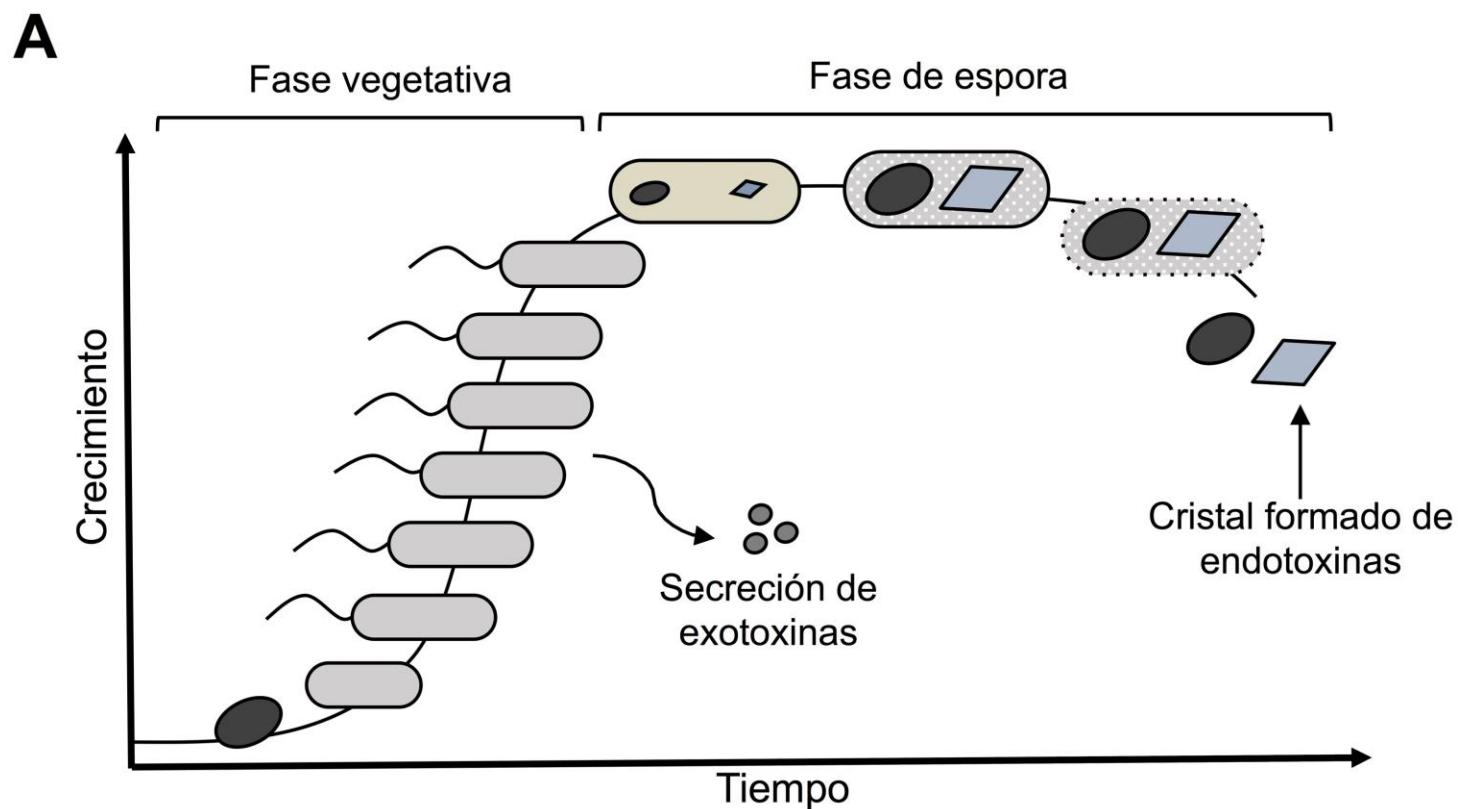
La pared celular vegetativa se rompe con el tiempo, liberando la espora y el cristal. La célula mostrada mide aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  de longitud.

Las proteínas de este cristal son tóxicas para insectos, lo que explica su amplio uso como insecticida biológico.

La ecología de Bt aún no está clara; esta bacteria ubicua se ha aislado del suelo, granos almacenados, cadáveres de insectos, de la hojarasca (superficie vegetal), y probablemente se la describa mejor como un patógeno oportunista<sup>1</sup>.

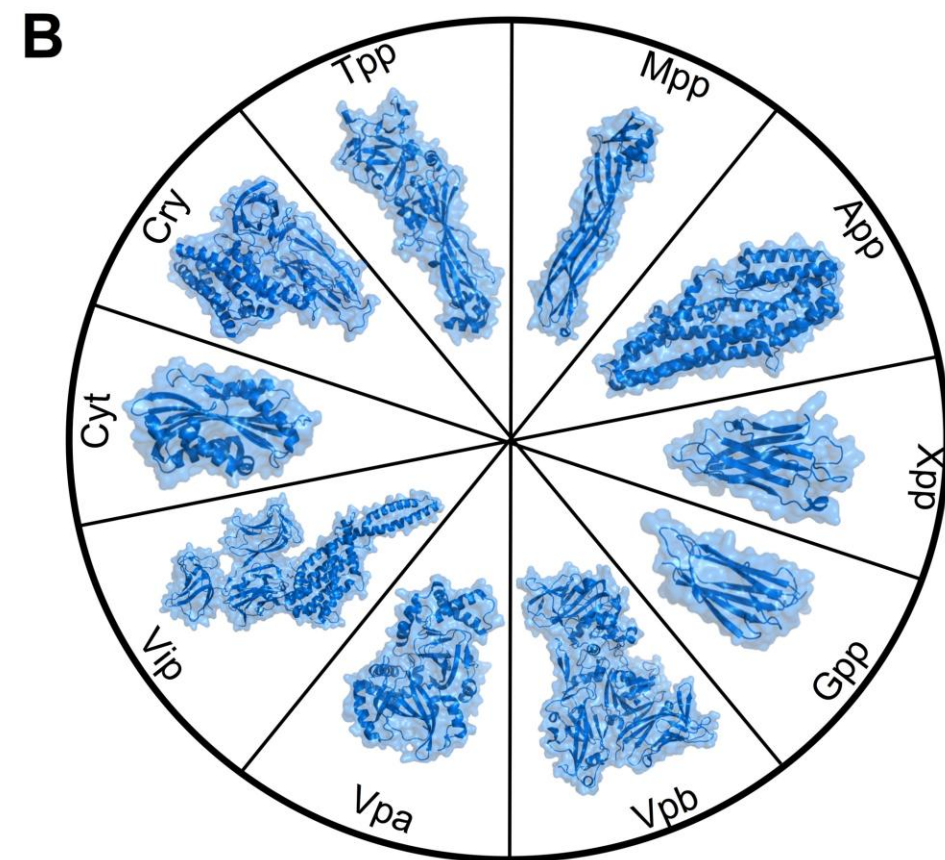


A pesar de la presencia real o presunta de diversos factores de patogenicidad, Bt no tiene un historial significativo de patogenicidad en mamíferos, y la investigación se ha centrado en la naturaleza insecticida de las proteínas cristalinas (proteínas Cry y Cyt; también llamadas  $\delta$ -endotoxinas).



(A) Cinética del crecimiento de bacterias *B. thuringiensis* donde se muestra la secreción de exotoxinas en la fase vegetativa y la formación de la espora y el cristal que contiene las endotoxinas en la fase de espora.

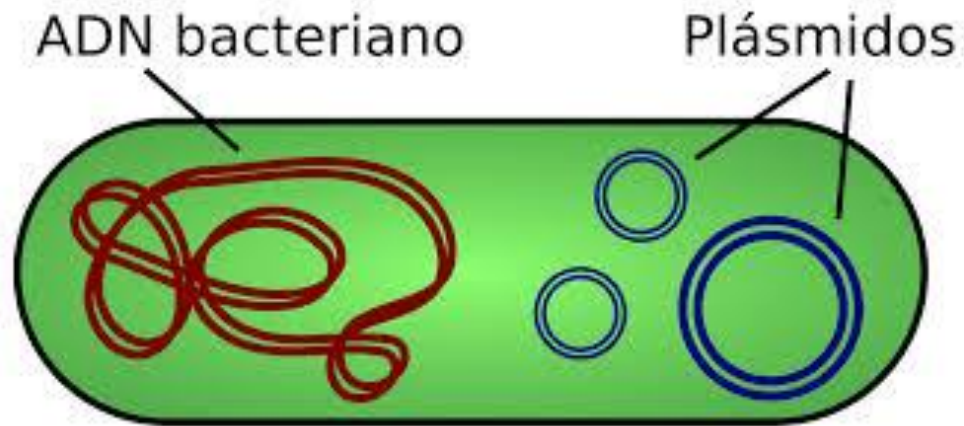
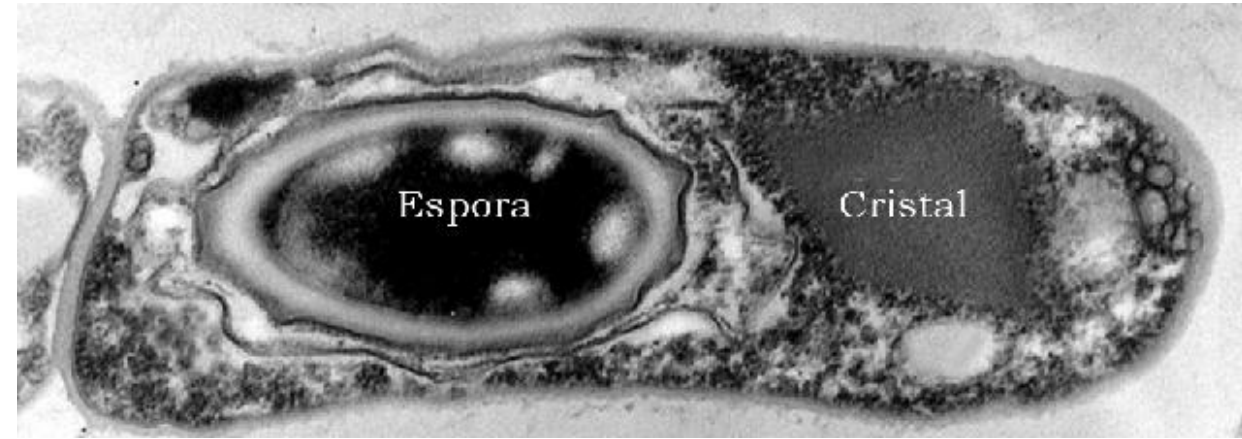
Este texto se obtuvo desde: <https://biotecmov.ibt.unam.mx/numeros/29/2.html>.  
IBt UNAM 2020.



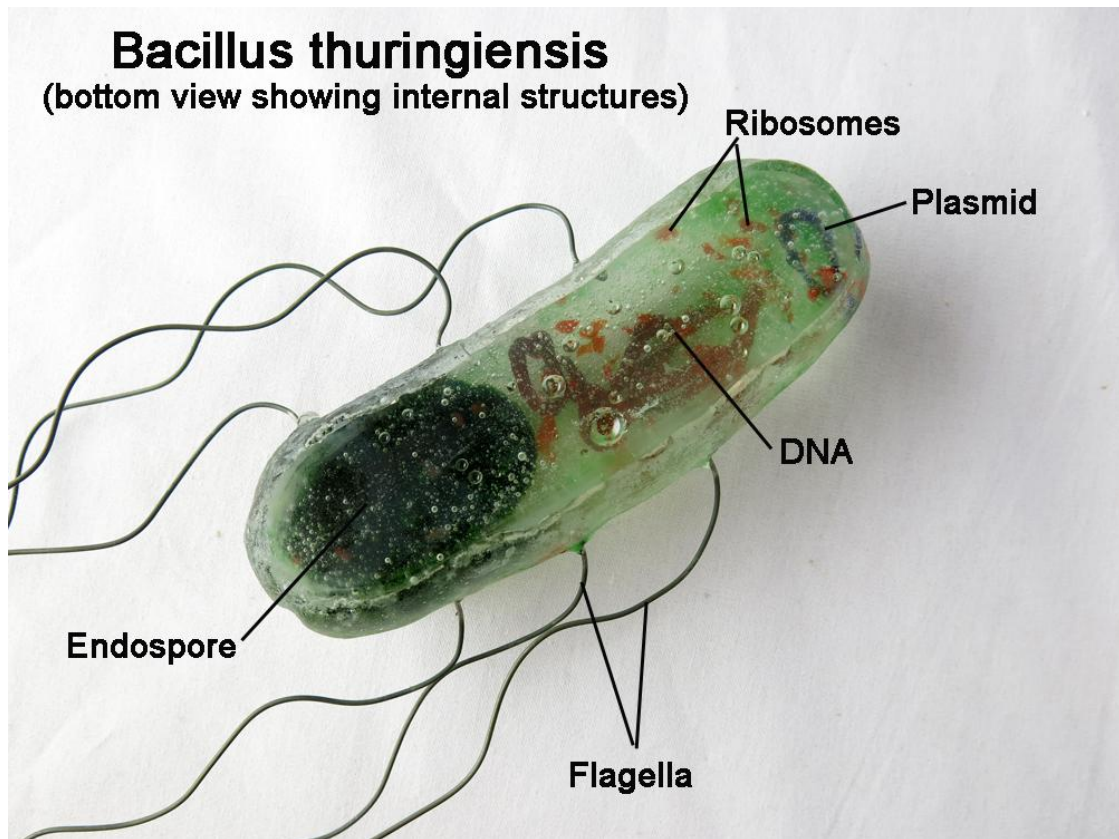
(B) Esquema que delinea la diversidad de estructuras tridimensionales (en forma de modelos de 'listón') de los diferentes grupos de proteínas insecticidas producidas por *B. thuringiensis*.

Este texto se obtuvo desde: <https://biotecmov.ibt.unam.mx/numeros/29/2.html>.  
IBt UNAM 2020.

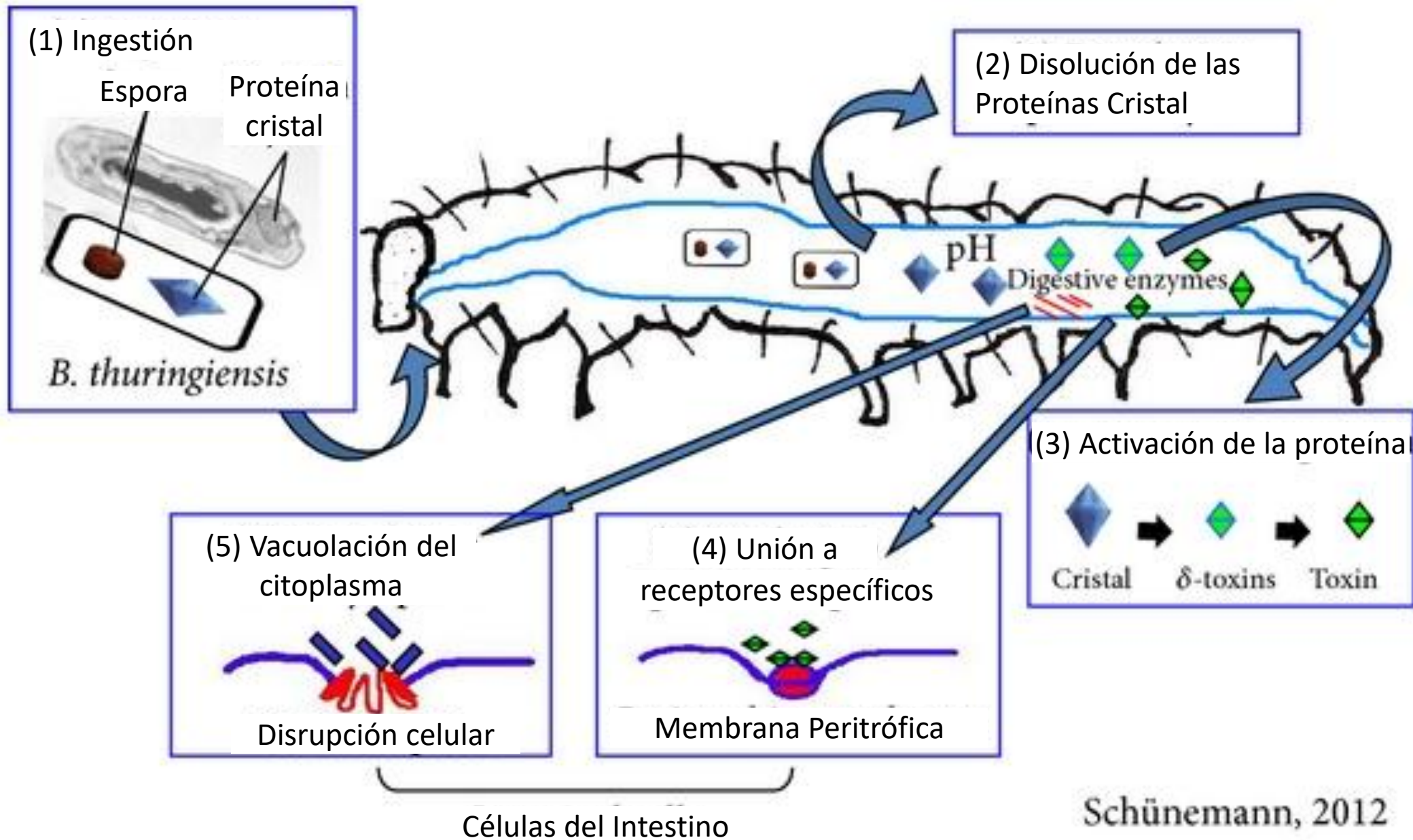
Una cepa\* cualquiera normalmente sintetiza entre una y cinco de estas toxinas, empaquetadas en uno o varios cristales. Miles de cepas se conservan en colecciones en todo el mundo, y existe una multitud de combinaciones genéticas, aunque algunas parecen ser más comunes que otras.



Los genes que codifican las proteínas cristalinas se encuentran (a menudo agrupados) en plásmidos transmisibles y elementos transponibles flanqueantes, lo que explica su fácil propagación dentro de la especie.



- Hasta el presente, se han estimado mas de **60.000 aislamientos**, letales para lepidópteros, dípteros, coleópteros y/o nematodos.
- Es considerada una **bacteria ubicua, cosmopolita** y en diversidad de sistemas como agua, plantas, suelo, artrópodos muertos, entre otros.
  - Bt presenta un **ciclo de vida de dos fases** principales, la **fase de crecimiento vegetativo** en donde las bacterias se duplican por bipartición. y la **fase de esporulación**, la cual es un programa de diferenciación de bacteria a espora.



Schünemann, 2012

BT se ha utilizado en cultivos desde 1938.

Debido a su alta especificidad, las aplicaciones de Bt se consideran muy seguros y están aprobados para la agricultura ecológica. ***Sin embargo***, el calor, la desecación o la exposición a la radiación ultravioleta puede reducir su eficacia. (truco formulación)

Por lo tanto, las condiciones de almacenamiento adecuadas, procedimientos de preparación de los productos formulados y la aplicación son importantes, y pueden ser necesarios varias aplicaciones para proporcionar un control adecuado.

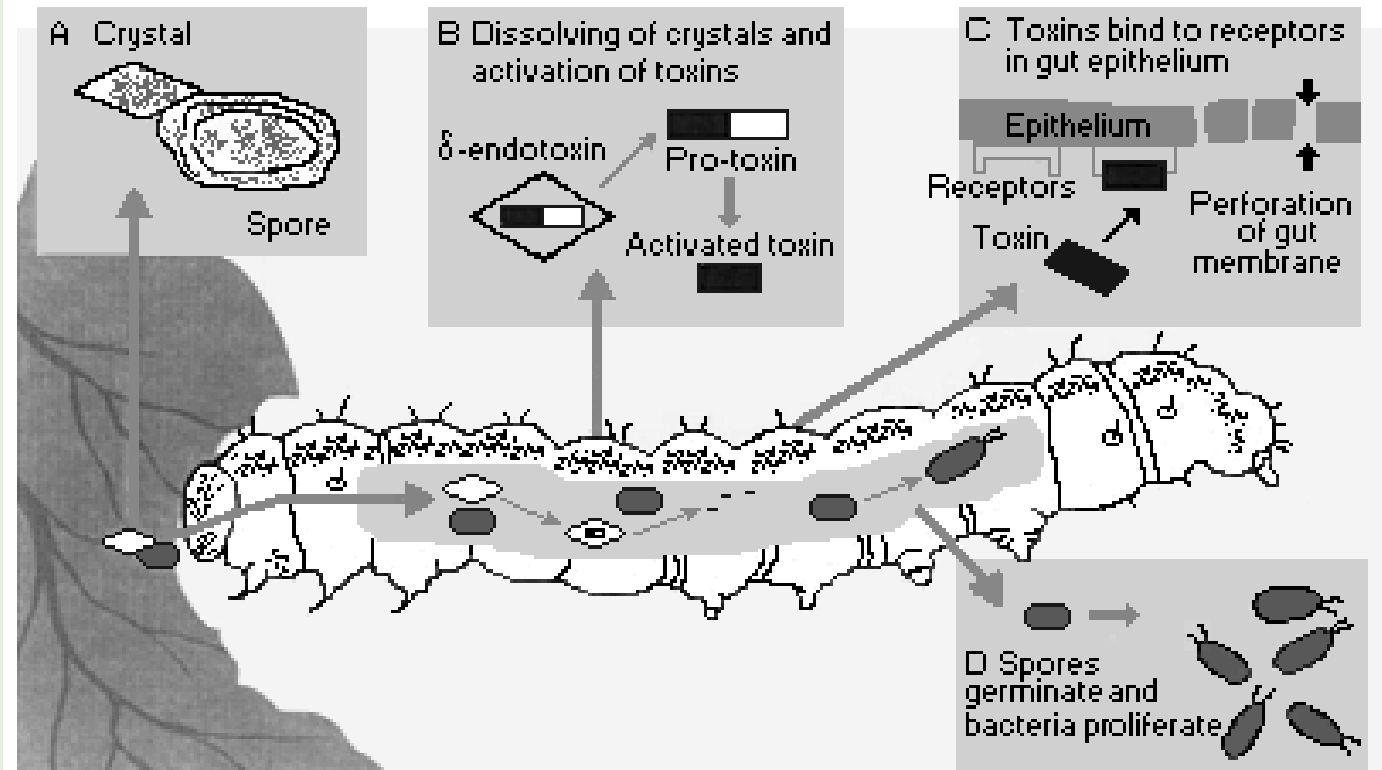
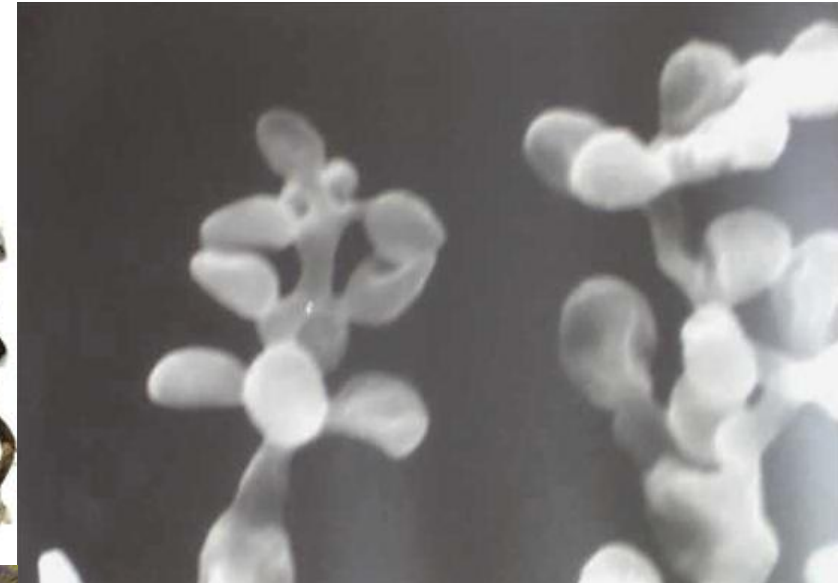


Fig. 1. Mechanism of toxicity of Bt

# Hongos Entomopatógenos

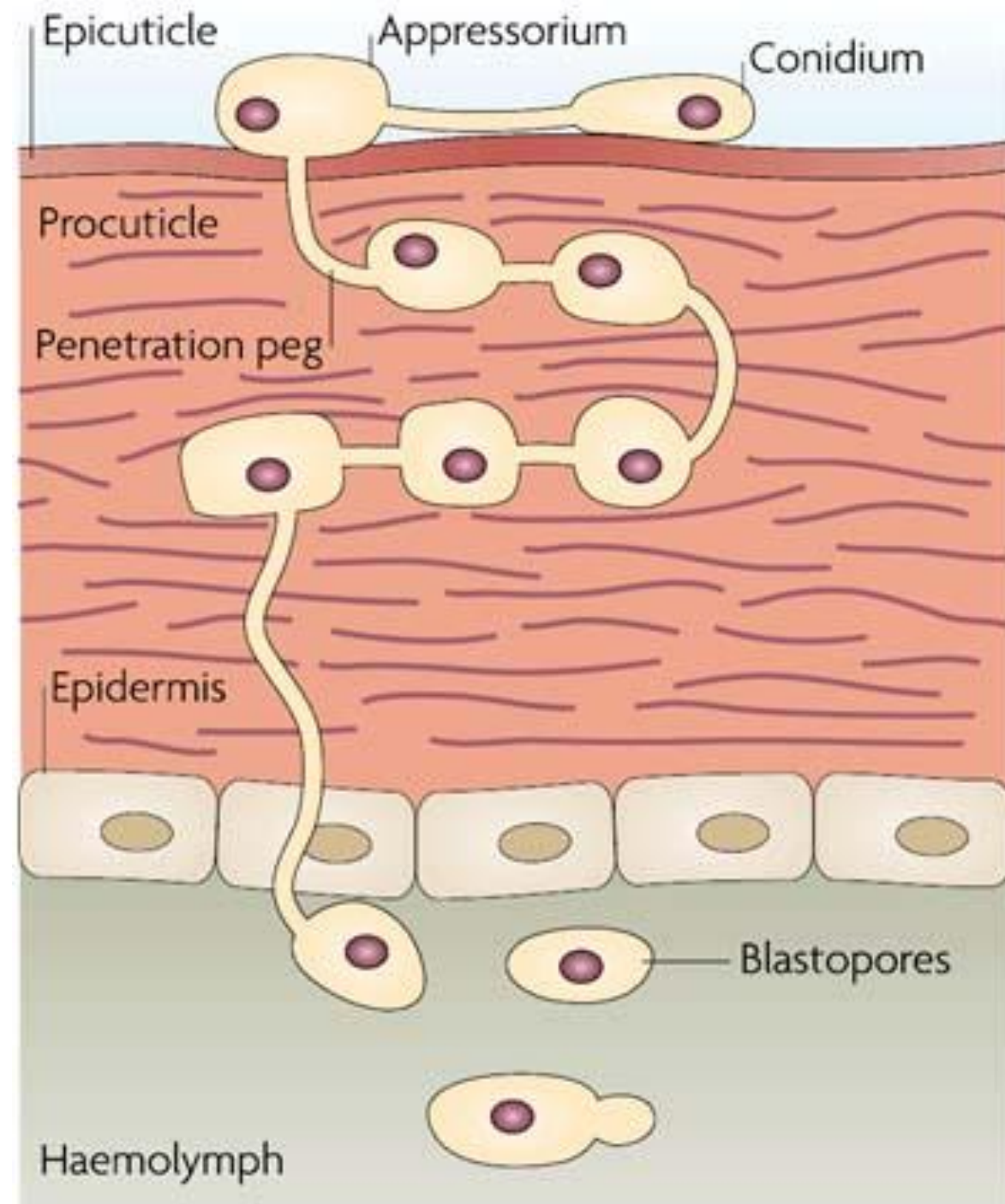
También son cosmopolitas  
Juegan un papel importante en la regulación de las poblaciones de artrópodos plaga.  
**Son de contacto**



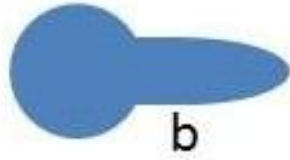
# *Mecanismo de acción de Hongos entomopatógenos*

El modo de infección de varios hongos entomopatógenos es básicamente muy similar. Un ciclo de infección típica implica varios pasos:

- Fijación de conidios,
- Germinación,
- Penetración a través de la cutícula
- Crecimiento vegetativo en el huésped,
- Protrusión de hongos fuera del insecto y conidiogénesis



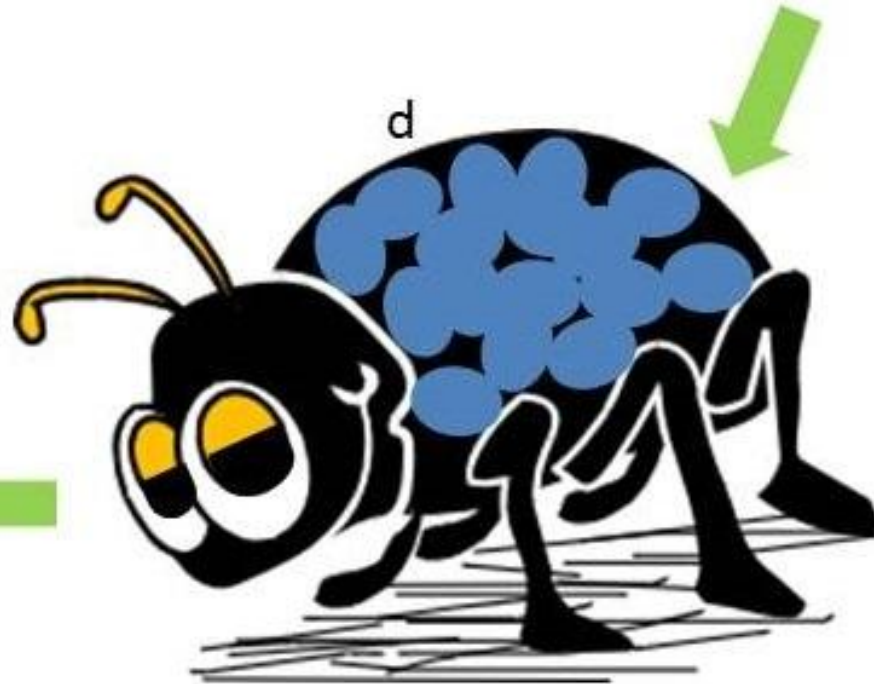
Formación del tubo germinativo



Conidia o espora



Formación de un apresorio



División y formación de cuerpos hifales e invade los tejidos del hospedero



Emergencia del cadáver y formación de Conidios esporales

# MECANISMO DE ACCIÓN. *Beauveria bassiana*



La causa de la muerte del insecto puede ocurrir por la combinación de varios factores como son:

1. Daño mecánico producido por el ingreso del hongo, 2. Agotamiento de nutrientes; 3. Acción de fungi-toxinas. 4. Posteriormente las hifas pueden emerger del cadáver, esto dependiendo de la humedad, y producir esporas sobre el cuerpo del hospedero (artrópodo muerto)



***Beauveria bassiana***  
sobre *Nezara* sp.



***Metarhizium anisopliae***  
sobre *Cerotoma*  
*tingomariana*;



***Isaria fumosorosea***  
sobre *Dalbulus* sp.



***Metarhizium (Nomuraea)***  
***rileyi*** sobre *Spodoptera*  
*frugiperda*



***Lecanicillium lecanii*** sobre  
ninfa de *Bemisia tabaci*



***Metarhizium robertsii***  
sobre *Anthonomus grandis*



***Beauveria bassiana***  
sobre *Gonipterus*  
*platensis*

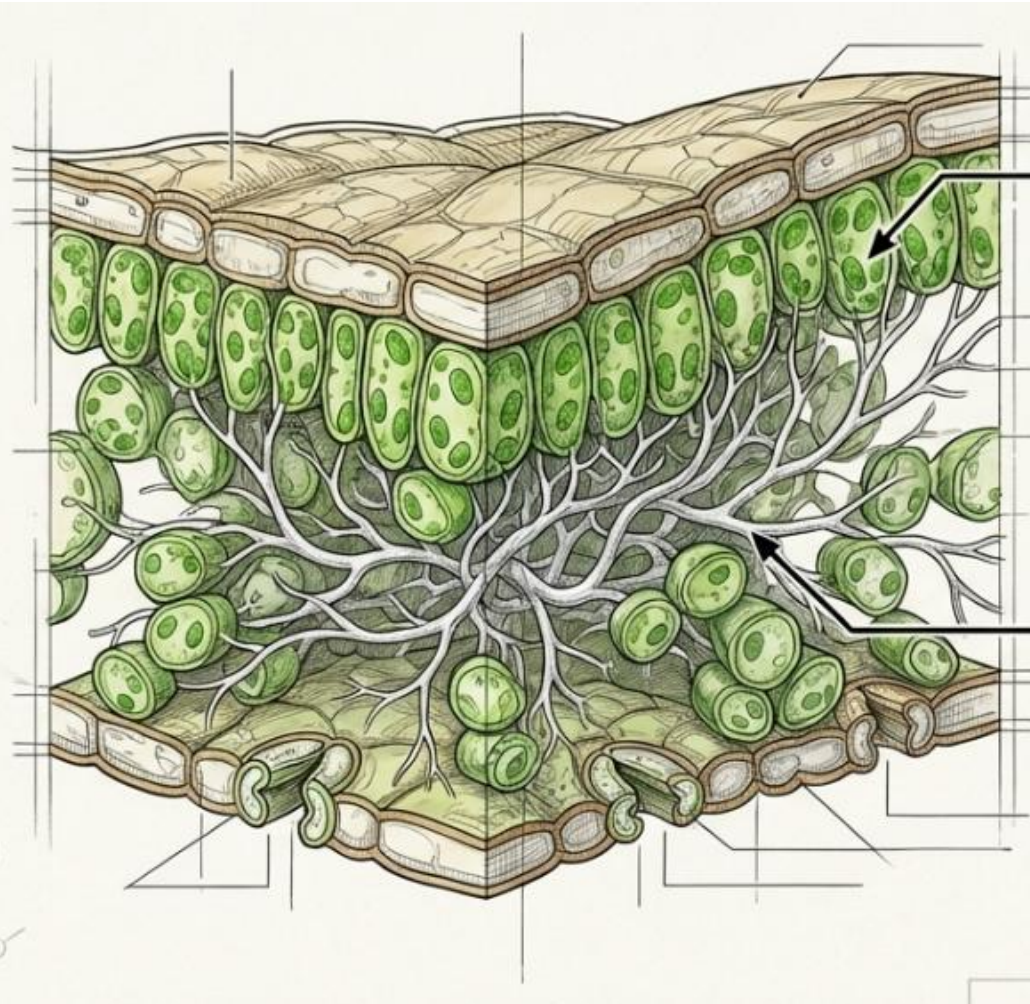


***Metarhizium anisopliae***  
sobre *Rhammatocerus*  
*schistocercoides*

# NUEVA PERSPECTIVA: Colonización endófitra

## Colonización Endófitra

El hongo adquiere la capacidad de vivir sistémicamente dentro de los tejidos vegetales vivos, cohabitando sin causar ningún daño o fitotoxicidad al huésped.



### Refugio Biológico:

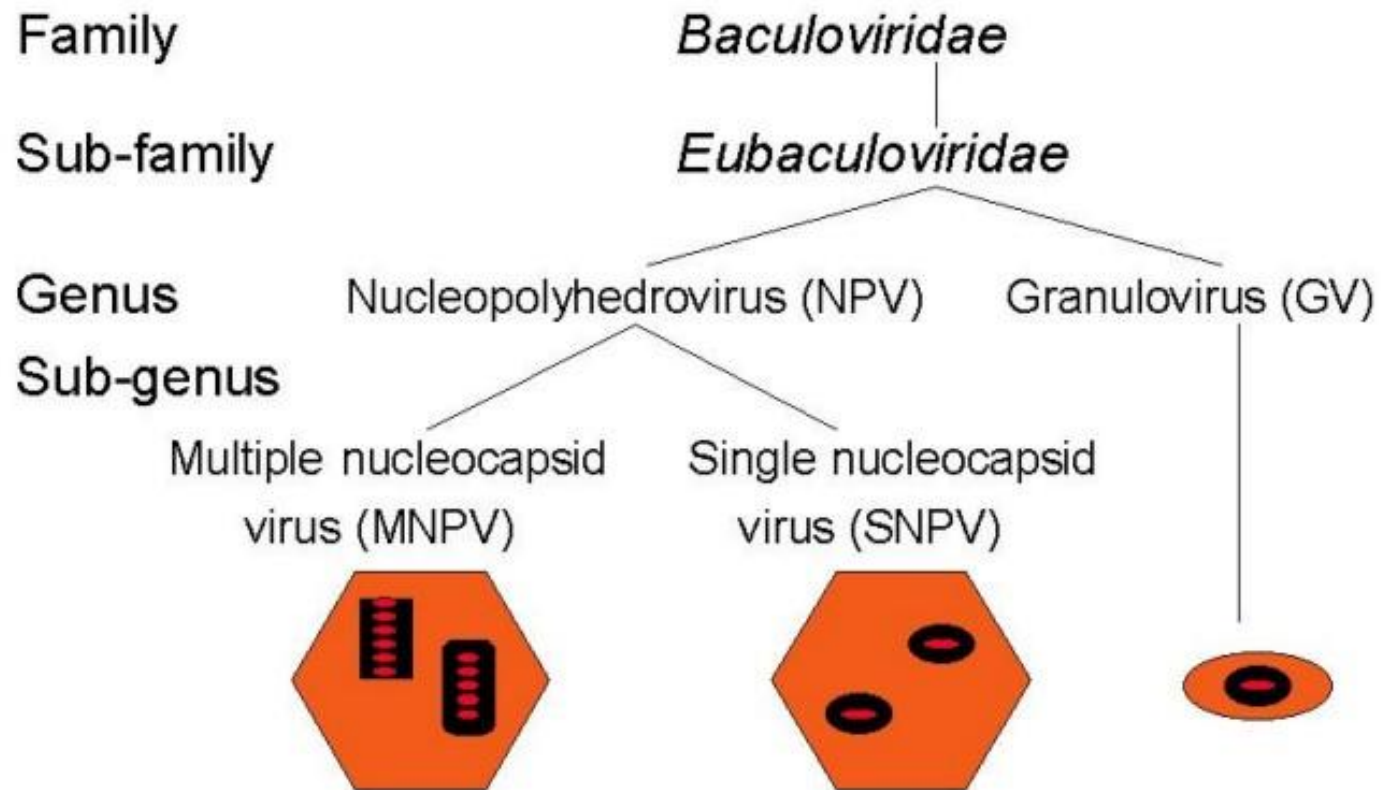
Al alojarse en el interior, el hongo está completamente protegido contra factores abióticos degradantes (radiación UV, lavado por lluvias, temperaturas extremas).

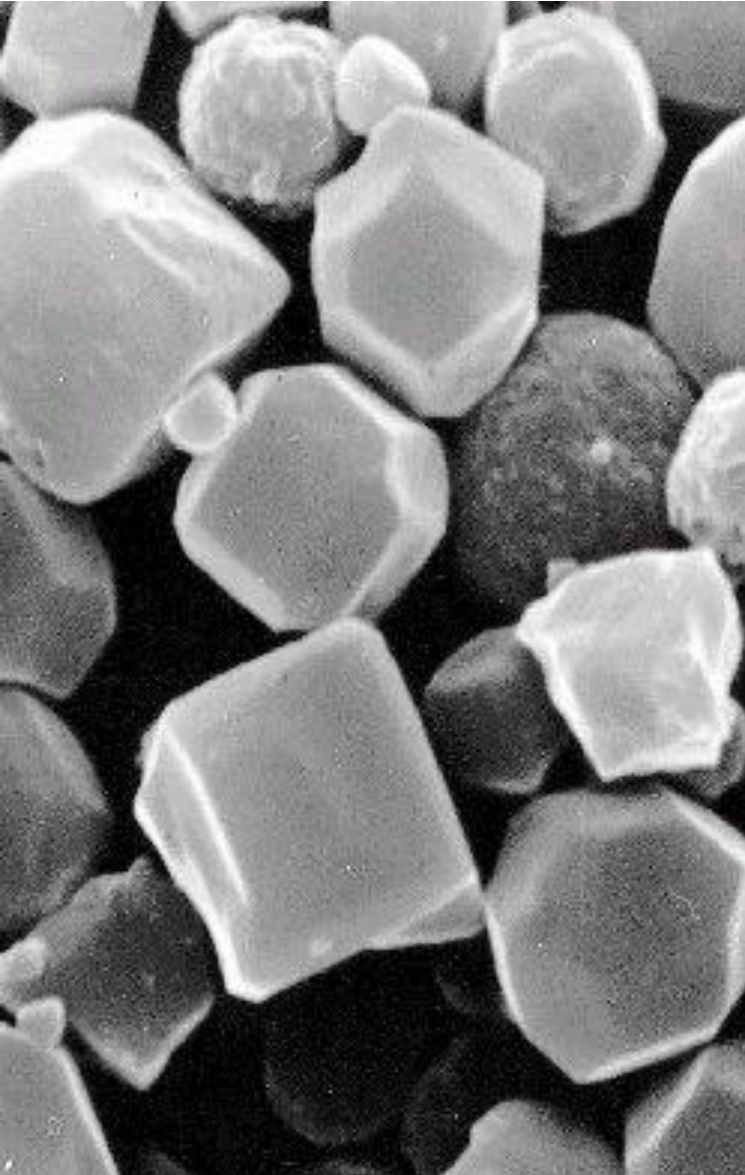
### Protección Continua:

Transforma a la planta de una víctima pasiva a un ecosistema autodefensivo.

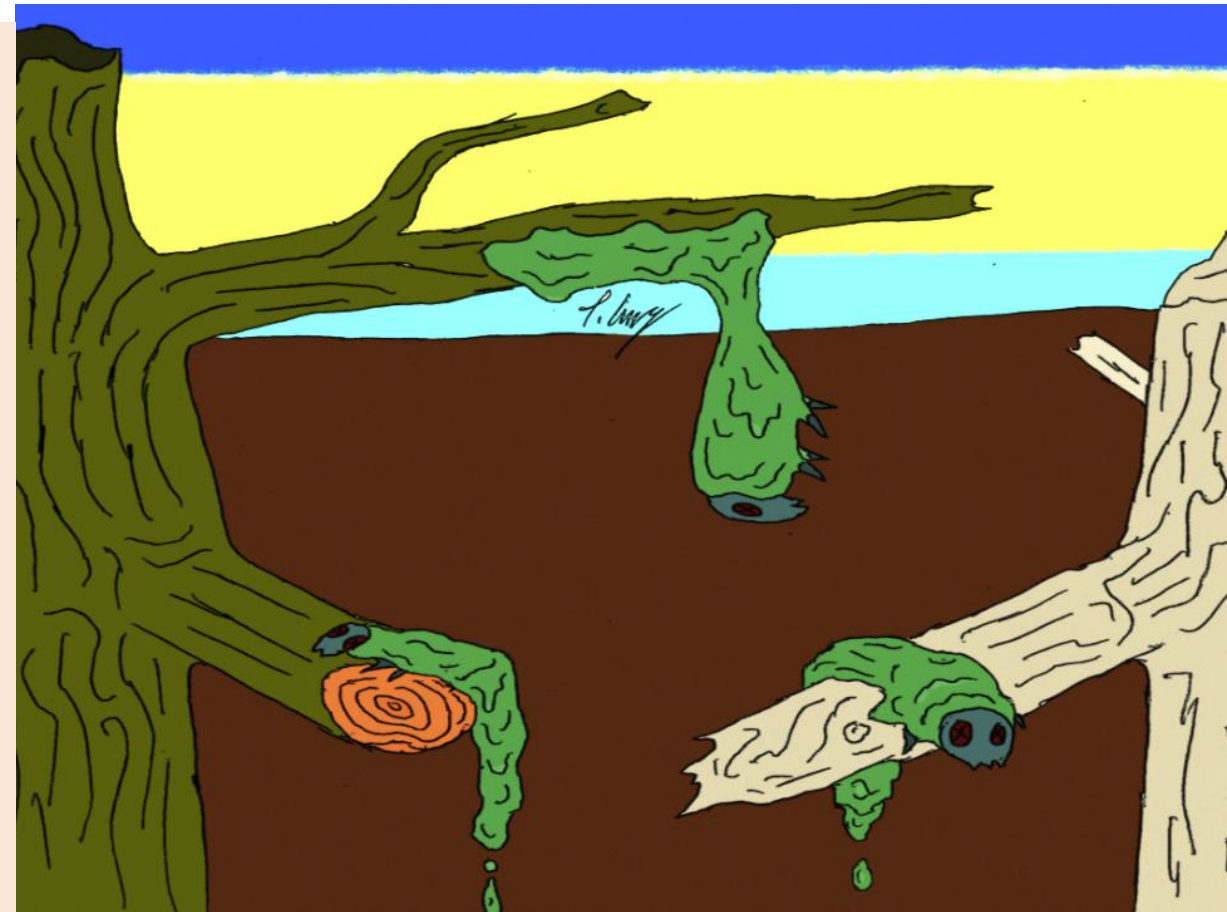
# VIRUS Entomopatógenos

Los virus entomopatógenos son parásitos obligados ya que necesitan de un organismo vivo para poder multiplicarse y diseminarse.





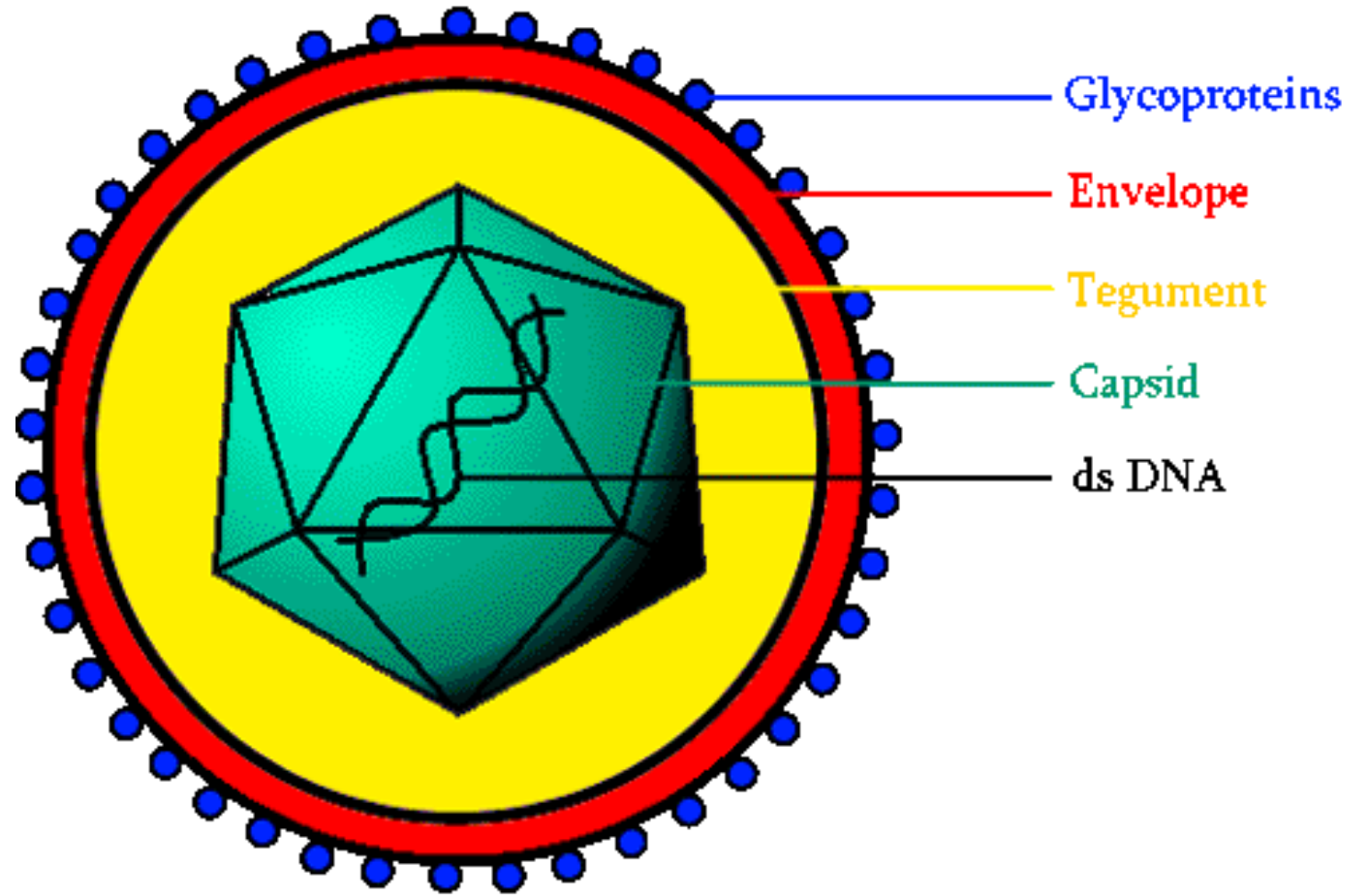
El virus de polihedrosis nuclear (VPN) es un entomopatógeno utilizado para el control de larvas de Lepidopteros



plaga en muchos cultivos de importancia como algodón, soya, sorgo, maíz y tomate y también en plagas de forestales.

El NPV, está compuesto internamente por una capa protéica llamada capsido que rodea y protege al ácido nucleico y a este conjunto se le llama nucleocapsido.

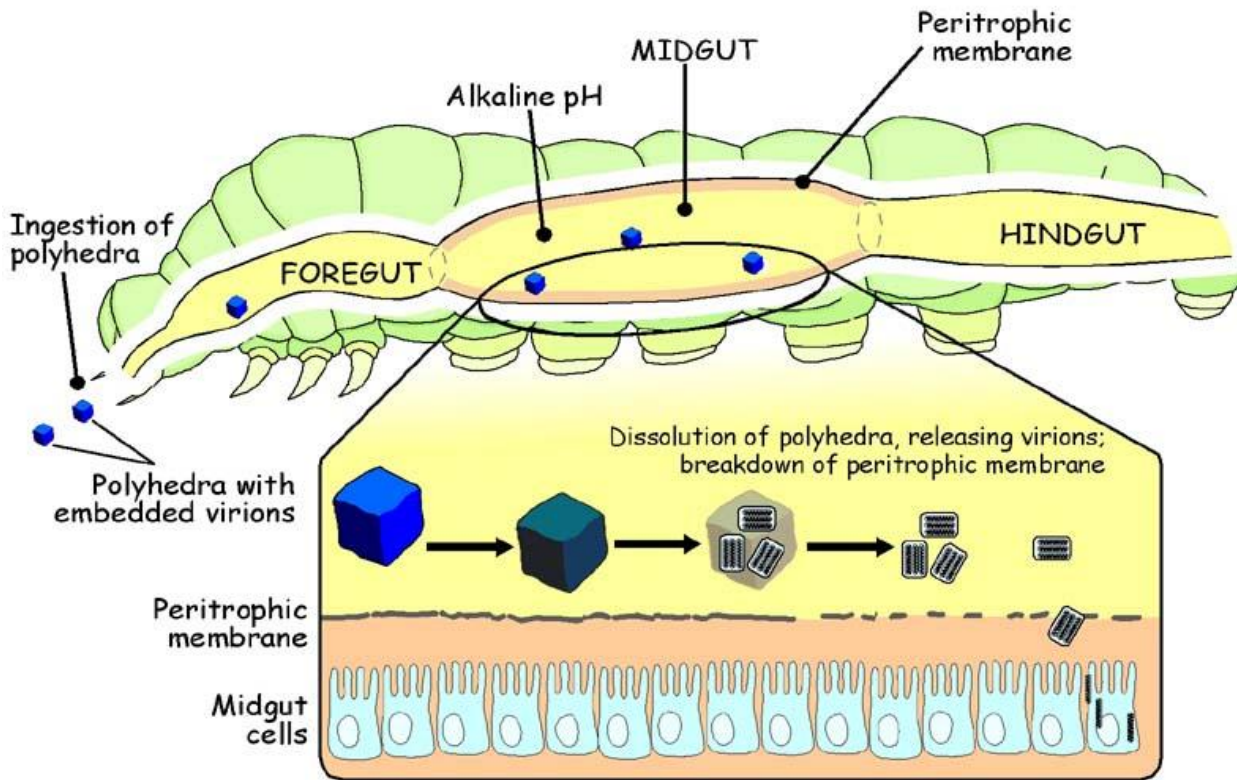
Al nucleocapsido más la membrana que lo rodea, se le llama virión o partícula viral y es la unidad infectiva del virus.



Los viriones están rodeados por una matriz protéica formando el cuerpo de inclusión polihedrica o poliedro.

Este polihedro es una envoltura de naturaleza protéica llamada polihedrino.

## NPV infection of an insect host



Los virus ingresan a las larvas de Lepidóptera por la boca cuando ingieren alimentos contaminados con los polihedros. En 12 a 24 horas ocurre la adsorción y penetración.

En el intestino de la larva ocurre la disolución de las partículas virales por la acción de los jugos digestivos altamente alcalinos (pH de 9.5 a 11.5).

Los nucleocapsidos liberados penetran el citoplasma de las células y el genoma viral es liberado en el núcleo de las células y se inicia la replicación del virus, durante el cual gran cantidad de partículas virales son producidas y liberadas al citoplasma ocurriendo la infección secundaria (colonización) en el hemocele del insecto.

En dos días las larvas están enfermas y moribundas y suben a la parte superior de la planta adonde quedan adheridas y colgando de las hojas y finalmente mueren.

Posteriormente ocurre la liberación de las partículas y la diseminación, lo que ocurre a través del viento, agua, otros insectos, a través de las hojas contaminadas y cuando las partículas caen al suelo.



# Como conclusión

- El uso de entomopatógenos (hongos, bacterias, nematodos y virus) en la agricultura se ha consolidado como una herramienta fundamental para el manejo sostenible de plagas, ofreciendo alternativas eficaces, seguras y ecológicas.
- Alta Especificidad: Los entomopatógenos atacan plagas específicas sin dañar organismos benéficos (polinizadores, enemigos naturales), lo que ayuda a mantener el equilibrio ecológico.
- Seguridad Ambiental y Humana: Su uso reduce la contaminación del suelo, agua y alimentos, siendo seguros para operarios y consumidores.
- Efecto Residual y Dispersión: Tienen la capacidad de establecerse en el medio ambiente y dispersarse, provocando epizootias (enfermedades masivas en plagas) que reducen poblaciones de insectos a largo plazo.

# ¡ GRACIAS !

 **MA**  
**FERIA PALMA**  
**DE LA**

UN EVENTO:

 **copalcol**

JUNTOS CON PROPÓSITO, **CULTIVAMOS PROGRESO**