



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

CONTROL MICROBIOLÓGICO DE INSECTOS
PLAGAS POR MEDIO DE BACTERIAS
Y HONGOS.

Que para obtener el título de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

p r e s e n t a n

LAURA TERESA CARRION SUAREZ

PATRICIA GUADALUPE ESCALANTE MUÑOZ

México, D.F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis 1978
U.T. ~~83~~ 79
ECHA _____
REC _____
o _____

PRESIDENTE Natalia Salcedo Olavarrieta

V O C A L Jorge Soto Soria

SECRETARIO Lilia Vierna García

1er. SUPLENTE Manuel Wong Chio

2do. SUPLENTE Rosa Ma. Ramírez Gama

Jurado asignado originalmente
según el tema

Sitio donde se desarrollo el tema: Bibliotecas

Nombre completo y firma del sustentante:

Laura Teresa Carrión Suárez *Laura Carrión*

Patricia Guadalupe Escalante Muñoz *Escalante Muñoz Patricia Gpe*

Nombre completo y firma del asesor del tema:

Lilia Vierna García *Lilia Vierna García*

Nombre completo y firma del asesor técnico (no lo hay)

A mis padres:

Armando y Dominga por el tiempo
que cariñosamente han compartido conmigo,
por las alegrías y tristezas que hemos pasado
para llegar al final de uno de los más importantes
caminos de mi vida.

A mis hermanos:

Por el entusiasmo y confianza
que han demostrado hacia mi.

A la memoria de mi tía:

Ma. del Carmen Carrión Carmona

por su agradable recuerdo.

A mi compañera:

Patricia Guadalupe, por la amistad y confianza
que hasta ahora compartimos

A todos mis seres queridos

A la maestra;

LILIA VERNA GARCIA

por su valiosa colaboración en la
realización del presente trabajo

Así como a los maestros

Jorge Soto Soria

Natalia Salcedo

A ti amigo lector.

INDICE

	Pág.
I INTRODUCCION	4
II GENERALIDADES	9
III HISTORIA	15
IV LOS INSECTOS	15
a). Características de los insectos	18
b). Estructura del cuerpo de los insectos	22
c). Procesos metabólicos de los insectos	24
1. Digestión y Nutrición	26
2. Circulación	29
3. Respiración	30
4. Excreción	31
5. Secreción	34
6. Sistema Nervioso	35
d). Organos sensoriales	37
e). Sistema muscular	37
f). Sistema Reproductor	41
g). Desarrollo de los insectos	42
h). Como sobreviven los insectos	45
V ENFERMEDADES MICROBIANAS	46
A). Enfermedades Bacterianas	48
Enfermedades causadas por bacterias formadoras de esporas	48
a). Enfermedades lechosas	52
Enfermedades causadas por bacterias formadoras de esporas cristalíferas	63
Enfermedades causadas por bacterias no formadoras de esporas	63

	Pag.
VI Diagnostico de Insectos Enfermos	67
VII ENFERMEDADES FUNGICAS	69
a). Infecciones causadas por Entomophthorales	71
b). Infecciones causadas por Blastocladales	81
c). Infecciones causadas por Ascomycetos	82
1). Infecciones causadas por Cordyceps	84
d). Enfermedades muscardinas	89
e). Otras micosis	96
VIII CULTIVO DE PATOGENOS DE INSECTOS	98
IX USOS	117
X CONTROL BIOLOGICO EN MEXICO	129
XI CONCLUSIONES	135
XII GLOSARIO	137

INTRODUCCION

La presente revisión tiene como fin dar una idea sobre los avances que se han llevado a cabo para realizar el combate microbiológico de insectos causantes de plagas.

Conociendo la morfología, patología y patogenia de los insectos-plaga, se pueden establecer sus ventajas y desventajas y se podrá hacer un mejor uso de dicho control.

Se dice que la lucha microbiológica, por definición, es una técnica que consiste en utilizar microorganismos patógenos para combatir los insectos dañinos. Esta lucha microbiológica que tiene aplicación en el campo de la Agricultura constituye una de las investigaciones de la Microbiología más recientes, especialmente en el campo de la Patología de insectos.

El estudio de los microorganismos concierne tanto a su misma naturaleza como a sus propiedades patológicas y a sus exigencias ecológicas.

El uso desmedido e incorrecto de plaguicidas para el combate a insectos y enfermedades de los mismos dentro de las tierras cultivables en todo el mundo, ha traído como consecuencia una alta contaminación y un desequilibrio ecológico que ha ocasionado el abandono de muchas tierras que anteriormente fueron de elevada producción; es por esto que actualmente el control microbiológico adquiere gran importancia para el combate de enfermedades y plagas por insectos.

Uno de los métodos más antiguos y más afortunados para el control de insectos y otras plagas reconocidas, es el uso de enemigos naturales, parásitos, predadores o causantes de enfermedades.

Afortunadamente muchos de los microorganismos capaces de causar enfermedades a los insectos no perjudican a otros animales ni a otras plantas.

Este es uno de los factores más importantes en el uso de microorganismos por el hombre con el fin de controlar otras especies.

Aunque este tipo de control es una técnica relativamente nueva, se conocía ya de tiempos atrás.

En la actualidad se despliega un importante esfuerzo tendiente a la unificación de las formulaciones y los procedimientos de titulación, con el fin de poner a disposición del técnico productos perfectamente definidos.

Ha habido muchos intentos para usar microorganismos entomógenos en el control de infestaciones económicas de insectos. Algunos han tenido éxito, otros tan sólo buenos resultados parciales y algunos más han fallado completamente. Sin embargo, el control microbiano ha avanzado rápidamente debido a la adopción de muchos de los principios y métodos tanto del control biológico como del control químico.

Hay que señalar que muchos patógenos de insectos parece que se pueden usar junto con otros agentes bióticos en programas tendientes a la obtención de un control biológico completo de una plaga.

La utilización efectiva de enfermedades para el control de insectos depende de la biología y características tanto de los insectos huéspedes, es decir, los microorganismos parásitos, como del medio ambiente. Los insectos huéspedes deben ocupar habitats adecuados para la introducción de un patógeno y deben tener hábitos que faciliten las posibilidades de infección. Dado que la enfermedad es un factor de mortalidad de tipo dependiente de la densidad, los insectos que viven en agregaciones o forman poblaciones grandes son más susceptibles a las epizootias que aquellos insectos que presentan bajas densidades de población.

Esta exploración es reciente y la potencialidad de los miles de microorganismos entomopatógenos catalogados en la actualidad abre para el futuro perspectivas muy favorables en la lucha microbiológica.

GENERALIDADES

De todos los seres que integran el reino animal el 80% es de insectos. Has ta ahora se han clasificado casi un millón de especies diferentes de estos animales y anualmente se descubren unos 5,000 más.

El cálculo del número total de ellos resultaría una empresa imposible, ya que no sólo se debe tener en cuenta la gran cantidad de especies, sino también el elevado ritmo con que se reproducen.

Es probable que sólo el 10% de los insectos resulten dañinos para el hombre, y los demás sean benéficos ya que su uso como polinizadores de las plantas es incalculable.

El combate a los insectos, en su sentido más amplio, incluye cualquier co sa que haga difícil la vida de éstos, que los mate o evite su incremento y haga que sea laboriosa su diseminación por el mundo.

El combate a los insectos puede ser realizado de muchas maneras: A. Comba te químico por el uso de insecticidas, repelentes, atrayentes y sustancias quí micas auxiliares; B. Combate físico y mecánico por medio de máquinas u otros aparatos diseñados especialmente y la manipulación especial de los factores fi sicos del ambiente; C. Combate cultural por variaciones en las condiciones agri colas usuales; D. Combate biológico por la introducción y establecimiento de in sectos u otros organismos enemigos; y E. Combate legal por la reglamentación del comercio, prácticas agrícolas y otras actividades humanas.

El término control microbiológico se refiere al empleo de microorganismos para el control de insectos-plaga en un área particular o en una población da da.

Si es aplicado a poblaciones de insectos debe por consiguiente, distin-

guirse entre el uso de parásitos y predadores.

Aunque el término control microbiológico es moderno, la idea se originó muchos años atrás.

El renovado interés, durante los últimos años, en el uso de microorganismos como medio para el control de plagas de insectos, ha engendrado cierto interés en algunos aspectos tales como la inocuidad de estos agentes para el hombre. Numerosas preguntas han surgido a través de estos años y hasta ahora han sido resueltas satisfactoriamente.

El control químico moderno ha hecho notables avances a través del desarrollo de varios tipos de insecticidas, que rápidamente matan las plagas de insectos por contacto y a menudo causan mortalidad adicional por la acción de vapores o gases bajo condiciones climáticas favorables. Debemos reconocer que los patógenos de insectos no poseen estas características y no obstante, algunas especies tienen medios de dispersión para ponerse en contacto con su hospedera, muchos microorganismos, entre ellos bacterias y virus, se considera que tienen el más grande potencial como insecticidas microbianos.

El empleo de agentes microbianos en la Agricultura presenta varios caracteres ventajosos: inocuidad de la mayoría de ellos para el hombre y animales de sangre caliente; acción específica bastante pronunciada, que se limita al seno de la biocenosis y no afecta a la mayoría de los insectos auxiliares.

El número de microorganismos que ha tenido aplicaciones agrícolas o forestales es todavía limitado, en el que se han efectuado trabajos más numerosos y completos es una bacteria esporulada, *Bacillus thuringiensis*, bacteria aislada y descrita por Berliner (2), a partir de una larva enferma del piral de

la harina *Ephestia (Anagasta) Kühniella*, que ya se está utilizando ampliamente en contra de algunos insectos-plaga.

El poder entomopatógeno de *Bacillus thuringiensis* no resulta del desarrollo septicémico del bacilo dentro del huésped (aunque esto pueda acaecer en las fases finales) la mortalidad de los insectos es consecuencia de la ingestión de sustancias tóxicas que segrega el organismo microbiano. La forma de acción de *Bacillus thuringiensis* en los insectos hace que su utilización sea parecida a la de los insecticidas químicos, sin embargo, una de las ventajas teóricas más apreciables en el empleo de gérmenes está constituida por la posibilidad de mantener estos últimos en el ambiente y desencadenar epizootias posteriormente.

Al considerar la acción de los factores del ambiente sobre el germen se sabe que las temperaturas elevadas favorecen la reproducción del bacilo y que es poco influenciada por la humedad del medio ambiente que los rodea.

Las bacterias tienen la capacidad de permanecer en sus estados resistentes hasta que son ingeridas, después de lo cual los tejidos y fluidos corporales de los huéspedes susceptibles ofrecen los medios necesarios para su crecimiento y desarrollo, de tal modo que las condiciones favorables del medio ambiente al huésped también lo son para el patógeno.

Se estima en un millar el número de microorganismos que ocasionan enfermedades en los insectos y pertenecen a diferentes grupos sistemáticos: bacterias, hongos, virus, rickettsias y protozoarios.

Otras bacterias que han sido estudiadas, aunque no tanto como *Bacillus thuringiensis* son:
Bacillus popilliae, causante de la enfermedad lechosa de tipo A y *Bacillus*

lentimorbus, causante de la enfermedad lechosa del tipo B. *Bacillus thuringiensis*; *Bacillus entomocidus* var *entomocidus*; *Bacillus finitimus*; *Bacillus entomocidus* var *subtoxicus* y *Bacillus cereus*, estos últimos son bacilos cuyos cristales tóxicos causan la muerte del insecto.

En lo relativo a las micosis no se ha tenido éxito en la selección de organismos adecuados que ocasionen enfermedades y se atribuyen los antiguos fracasos a las estrictas exigencias ecológicas de los hongos. La reproducción de la mayoría de estos organismos se puede realizar exclusivamente en un medio ambiente de higrometría muy elevada.

El hongo de más uso en la actualidad es *Beauveria bassiana* Bals, elaborado industrialmente en la URSS. Este hongo es causante de la enfermedad muscardina blanca, cuyo espectro de actividad es muy amplio.

Los hongos, a diferencia de las bacterias, infectan a sus huéspedes, por penetración del integumento hacia la cavidad del cuerpo. Una vez dentro del cuerpo el hongo prolifera e invade los tejidos y llena el cuerpo del insecto con una gran cantidad de hifas o cuerpos hifales. En la mayoría de los casos el hongo emite sus conidióforos al exterior, donde se desarrollan los cuerpos fructíferos, capacitando al organismo para hacer contacto con nuevos huéspedes. El insecto infectado generalmente se seca, adquiriendo un aspecto modificado y frecuentemente llega a cubrirse de conidios y otras veces contiene esporas latentes, las que capacitan al hongo para sobrevivir en períodos de condiciones adversas del medio ambiente, o en la ausencia del huésped.

Entre los hongos causantes de infecciones están: Entomophthorales, Blastocladales, Ascomycetos (*Cordyceps*). Hongos causantes de enfermedades muscardinas y otros tipos de micosis.

Como se puede ver todavía queda mucho por aprender, estudiar e investigar en el campo del control microbiológico y sólo con los conocimientos que se adquirieran en los experimentos de campo y laboratorio, se logrará vencer los obstáculos que se presenten.

HISTORIA

La lucha microbiológica constituye una técnica desarrollada recientemente en el campo de la entomología aplicada.

Aunque el término control microbiológico es moderno, el primer uso fue en 1949; sin embargo, la idea se originó muchos años atrás.

Desde tiempos de Aristóteles se sabía que la abeja padecía de una enfermedad, y durante la edad media se conocieron las enfermedades del gusano de seda.

El primer patógeno de insectos de que se tiene noticia fue un hongo del género *Cordyceps* sobre un noctuido reportado e ilustrado por Reamur en 1726 (1). Cien años después, Kirby en 1826 (2) incluyó un capítulo sobre las enfermedades de los insectos en un famoso tratado "An Introduction to Entomology" (Kirby, Spence 1826 (2)). En el siglo pasado, el hallazgo de la existencia de enfermedades de los insectos originó la idea de utilizar los agentes microbianos para defender cultivos y cosechas agrícolas.

Agustino Bassi en 1834 (2), el padre de la patología de los insectos, publicó un gran trabajo sobre la muscardina, una enfermedad fúngica del gusano de seda. Luis Pasteur, en 1870, (2) realizó estudios sobre la pébrina y la flacheria del gusano de seda y sugirió métodos para combatirlas.

A mediados del siglo XIX se reducían a unos cuantos los medios de que se disponía para controlar a los insectos dañinos; se acogió entonces con interés la sugerencia de utilizar los agentes microbiales y se emprendieron experimentos en varios lugares, a pesar de que los conocimientos eran aún escasos.

Ishiwata en 1902 (2) aisló una bacteria formadora de esporas de una larva

moribunda del gusano de seda y la describió en un trabajo en 1905, llamándolo "Soto Bacillen".

El primer trabajo de cierta importancia en la lucha microbiológica fue realizado por d'Herelle, entre 1911 y 1915, (2) y estuvo basado en un estudio sobre la disentería y septicemia de las langostas en Yucatán, Mex. El observó epizootias extensivas de la enfermedad entre los locústidos, y de los insectos enfermos aisló un bacilio pequeño, gran negativo, que llamó *Coccobacillus acridorum* (d'Herelle). *Cloaca cloacae var acridorum* (d'Herelle). Pulverizó preparaciones del bacilo para destruir bandadas de acrididos semejantes, *Schistocerca paranencia* Bur, en México, Colombia, y Argentina.

Los resultados de dichas aplicaciones tuvieron gran resonancia en aquél tiempo.

En la región caribeña fueron intentadas dos pruebas con un hongo entomopatógeno, *Metarrhizium anisopliae* Sorokin; en la primera prueba se realizó el combate de un *Sicadideo* de la caña de azúcar, *Aeneolamia var saccharina* en Trinidad y la segunda, en Puerto Rico, contra las larvas subterráneas de escarabeidos. Pero como los resultados obtenidos fueron poco concluyentes, se interrumpieron los experimentos.

Berliner (2) publicó, en Alemania, un reporte preliminar sobre la enfermedad de la larva del mediterráneo, *Anagasta (Ephestia) küenhiella* Zell, causada por una bacteria esporulada que más tarde llamó *Bacillus thuringiensis*. Este bacilo fue usado en pruebas de campo tanto en Europa como en Estados Unidos y en ambos lugares se reportaron excelentes resultados.

White y Dutky en 1940 (4), utilizando las bacterias causantes de la enfermedad lechosa, *Bacillus popilliae* y *Bacillus lentimorbus*, lograron controlar

el crecimiento del escarabajo japonés *Popillia japonica*.

Biólogos y entomólogos reconocieron que también existían insectos destructivos, que estaban sujetos a enfermedades, y sólo hasta después de la segunda guerra mundial (1939-1945), la naturaleza de las diferentes enfermedades de los insectos y de sus agentes causales fueron dados a conocer por un pequeño grupo de hombres, entre los que destacan d'Herelle, Metalnikov, White, Masera y Glaser. De esta manera se pudieron establecer los fundamentos de la patología de los insectos y reunir información básica sobre el carácter esencial de las enfermedades microbianas de los insectos. Lo anterior se complementó con el trabajo que realizó el departamento de Agricultura de Estados Unidos, sobre las enfermedades lechosas del escarabajo japonés, y de esta manera se mantuvo la atención sobre las potencialidades de los microorganismos como agentes de control biológico.

A partir de entonces, la patología de los insectos y el control microbiano han recibido mayor atención y apoyo en todo el mundo.

Después del establecimiento del Laboratorio de Patología de Insectos de la Universidad de California, en 1945, y del Departamento de Agricultura de Canadá, en 1946, en muchos países del mundo fueron organizados numerosos proyectos y laboratorios para el estudio de las enfermedades de los insectos.

Jacobs en 1950 (2) experimentó un producto francés llamado "Sporeine" del cual aisló un bacilo *Bacillus thuringiensis* var *thuringiensis*.

Toumanoff y Vago en 1951 (11) reportaron como causa de la flacheria del gusano de seda a una bacteria a la que denominaron *Bacillus cereus* var *alesti*. Por este mismo año Steinhaus aisló una bacteria cristalífera, y Hempel y Angus en 1958 (15), la consideraron una nueva especie patógena de insectos y

la llamaron *Bacillus entomocidus* var *entomocidus*.

Steinhaus (29) fue uno de los primeros en usar bacterias como *Bacillus thuringiensis* para el control del gusano de la Morera, de seda y el gusano de alfalfa *Colias eurytheme*. El *Bacillus thuringiensis* ha sido usado solo o en combinación con otros insecticidas químicos para el control del gusano medidor de la col.

Heimpel (2), durante el verano de 1950, aisló algunas cadenas de *Bacillus cereus* de larvas muertas y moribundas de la mosca de la sierra: *Pristiphora erichsonii*, las pruebas preliminares demostraron que la bacteria era patógena de la mosca de la sierra. Desde 1951 *Bacillus cereus* ha sido reportado como patógeno de tres especies de lepidópteros: *Ephestya kuenhiella*, *Colias philotice* y *Carpocapsa pomonella*.

Es importante hacer notar que hasta estas fechas los hongos no se habían usado tan extensamente en el control biológico como las bacterias; sin embargo, los estudios prosiguieron y se centraron en ciertos hongos muscardinos blancos y verdes y unos pocos *entomophthorales*. Se encontró que la enfermedad muscardina blanca del gusano de seda era causada por el hongo *Beauveria bassiana* Bals y la enfermedad muscardina verde del escarabajo gallo del trigo y otros insectos por *Metarrhizium anisopliae* Sorokin.

Se conocían cerca de 14 especies de *Beauveria*, MacLeod en 1954 (9) revisó el género reduciendo las catorce especies a sinónimos de *Beauveria bassiana* y *Beauveria tenella* Siemasko.

Beard en 1956 (12) reportó enfermedades lechosas de los escarabeidos australianos *Seresthis purinosa*, causados por *Bacillus lentimorbus* var *australis* Beard y otra en *Heteronycus sanctahelenae* causada por *Bacillus euloamarahae* Beard.

Tanada en 1956 (11), investigó cuatro importantes plagas de lepidópteros en crucíferas de Hawai, el gusano de la col *Pieris rapae*, el gusano telarañero *Hellula undalis*; la palomilla dorso de diamante *Plutella maculipennis*, y el medidor de la col *Trichoplusianni*. Tanada encontró que el gusano de la col fue controlado con eficacia por la bacteria *Bacillus thuringiensis*, pero que la palomilla dorso de diamante, el gusano telarañero de la col y el medidor de la col, fueron mucho más resistentes a *Bacillus thuringiensis*.

Bucher y Stephens en 1957 (31) aislaron en el laboratorio de entomología, Belleville, Ontario, *Pseudomonas aeruginosa* y mostraron que era relativamente virulenta cuando la dieron como alimento a los saltamontes.

Hall en 1958 (4), estudiando bacterias esporuladas, entre ellas *Bacillus thuringiensis*, encontró que estos microorganismos presentan de una moderada a una alta patogenicidad para algunas plagas de insectos localizadas en el sur de California, como el perforador de la hoja de algodón, *Alabama argillaceae*, al envolver de la hoja de apio, *Udea rubigalis* y el gusano de la col *Pieris rapae*.

En 1959, en diferentes laboratorios de insectos encontraron como causante de septicemia a la bacteria pigmentada de rojo *Serratia marcescens* Bizio.

Bucher en 1961 (31), encontró anaerobios del género *Clostridium* como causantes de enfermedades en orugas.

Debarjac y Bonnefoi (11) en el Instituto de París 1962, establecieron una clasificación basada en ciertos caracteres químicos, así como un estudio serológico de *Bacillus thuringiensis*; ellos proponen definir un grupo por la presencia de inclusiones cristalíferas y por el poder patógeno para con los insectos.

Bugerjon y Biache 1967 (11), en Laminière estudiaron la actividad insecticida de diferentes serotipos de unos veinte lepidópteros, sin llegar a relacionar la toxicidad con el grupo serológico del bacilo y la posición sistemática del insecto. Son, por lo tanto, necesarias mayores investigaciones para que se puedan establecer dichos criterios para los taxonomistas.

Mucho de lo aprendido a través de estos estudios puede y debe ser aplicado a los nuevos experimentos sobre enfermedades bacterianas de los insectos destructores y dañinos.

En la actualidad el hongo más usado es *Beauveria bassiana* Bals elaborado industrialmente en la URSS; su espectro de actividad es muy amplio y comprende a los *Dorífora*, escarabeidos y lepidópteros.

Ha habido muchos intentos para usar microorganismos entomógenos en el control de infestaciones por insectos. Algunas de estas pruebas han tenido éxito, otras sólo han sido parcialmente fructíferas y otras han fallado completamente; sin embargo el control microbiano ha avanzado rápidamente debido a la adopción de muchos de los principios y métodos, tanto del control biológico como del químico.

Es de esperarse que las investigaciones que se intensifican en numerosos países nos doten muy pronto de nuevas armas para este combate siempre renovado.

IV LOS INSECTOS

En este capítulo se analizará brevemente a los insectos como un grupo de animales que viven en competencia con millares de otros.

Los insectos son los animales terrestres más abundantes tanto en número de especies como de individuos. De acuerdo a la biogénesis esto ha sucedido porque los insectos están mejor adaptados al medio ambiente que los rodea y esto ha permitido que se hayan diversificado y multiplicado sin interrupción.

En general todas las especies de plantas y animales procrean cada año un número mayor de individuos, la competencia para efectuar cada una de las funciones vitales es tan intensa que, la gran mayoría de los organismos, inclusive aquellos que provienen de los mismos progenitores, presentan, por lo general, variaciones perceptibles en ocasiones ligeras (variaciones continuas) y algunas veces notables (mutaciones). De lo anterior se deriva que el grupo de los insectos debe de estar extraordinariamente bien adaptado a la vida; de acuerdo a esto y a un conocimiento más claro de la estructura de los insectos y de las características más importantes, estaremos en posición mas adecuada para combatir a los insectos que se constituyen en plagas.

a). Características de los Insectos.

Tamaño de los insectos. Uno de los factores más importantes que favorecen a los insectos es su talla pequeña, aunque existen insectos que pueden alcanzar una longitud de 25 cm como *Palophus titan*, o llegan a pesar 42 g como el escarabajo *Goliathus holiathus*.

El tamaño promedio de los insectos es de 6 a 10 mm y su peso fluctúa entre los 25 y 50 miligramos. El tamaño y peso promedio de algunos insectos se

presentan en la tabla 1

Esta característica de tamaño capacita a los insectos para vivir en grietas, hendiduras de vegetales y animales, es decir, en lugares en donde la competencia es mínima.

Muchos insectos subsisten alimentándose de desperdicios, comestibles abandonados por animales más grandes, y pueden refugiarse y estar protegidos de otros animales y con frecuencia pasar desapercibidos evitando ser aniquilados.

De esta manera y aprovechando su tamaño, los insectos se protegen más fácilmente del medio ambiente y del hombre mismo.

Abundancia de los insectos. La capacidad reproductiva de los insectos permite que éstos aumenten su número considerablemente en poco tiempo y por lo tanto puedan colonizar un área más grande y aumentar su potencialidad en caso de ser insectos-plaga.

Adaptabilidad de los insectos. La adaptación de los insectos se puede considerar como un atributo de superioridad, dado que continuamente desarrollan nuevas estructuras y nuevos hábitos. Las formas nuevas evolucionan y las viejas cambian y se adaptan a las incesantes modificaciones del medio ambiente. Los insectos no se han concretado a vivir en un sólo medio o en un sólo hospedero; así, tenemos insectos que viven sobre y dentro del agua, en el aire, en el suelo, sobre animales y plantas y en el interior de ambos; en casas, barcos y en casi toda clase de sustancias orgánicas e inorgánicas.

Los problemas sobre el combate de insectos en las áreas cuyo ambiente físico y biológico sufre modificaciones rápidas, es más complicado que en otras cuyo ambiente se ha estabilizado a través de un proceso gradual y prolongado.

Tabla 1

TAMAÑO Y PESO DE ALGUNOS INSECTOS

INSECTO	LONGITUD DEL CUERPO (mm)	PESO EN VIVO (mg)
Parásito de huevecillos	0.37	0.001
Trips del invernadero	1.2	0.056
Mosquito de la fiebre/amarilla	5.0	3.6
Mosca doméstica	7.0	20.0
Abeja doméstica	15.0	80.0
Escarabajo japonés	13.0	150.0
Escarabajo gigante	125.0	42.000.0
Gusano de seda	75.0	6,000.0
Catarina de la papa	10.0	1,250.0

b) Estructura del cuerpo de los insectos

Los insectos son invertebrados y están cubiertos externamente con un exoesqueleto duro y flexible conocido como la cutícula. Este exoesqueleto es más ligero que el hueso y más resistente a la solución o corrosión, no siendo afectado visiblemente por cualquiera de las sustancias químicas ordinarias tales como el agua de solventes orgánicos, ácidos fuertes o álcalis y líquidos digestivos de los animales.

El exoesqueleto es un órgano que sirve para dos funciones muy importantes, protege a los músculos, nervios y otros órganos delicados y sirve como estructura para la adherencia de los músculos. Evita que el cuerpo se empape con agua, lo protege de un secado excesivo y de los ataques de muchos microorganismos que ocasionan enfermedades.

La cutícula está formada por placas endurecidas conocidas como escleritos, entre estas placas la cutícula es suave, continua e ininterrumpida de un esclerito al otro pero permanece suave y flexible.

Existen líneas impresas o surcos internos que entre los escleritos que son conocidos como estructuras. Los dobleces flexibles de la pared del cuerpo son llamados conjuntiva y las junturas definidas que permiten los movimientos se llaman articulaciones.

La cutícula esta compuesta por una sola capa de células hipodérmicas, la epidermis o hipodermis, la cual está separada de la cavidad del cuerpo por una delgada membrana basal. Estas células son las fuentes de secreciones que forman las capas exteriores de la cutícula y también el fluido de las mudas y contienen una mezcla de enzimas quitinolíticas y proteolíticas.

Arriba de las células hipodérmicas esta la endocutícula interior, que es incolora y flexible; arriba de ésta está una capa rígida de color ambar o negro y una capa protectora externa llamada epicutícula. La cutícula posee una especie de pelos unicelulares denominados setas, los cuales representan órganos sensoriales de varios tipos; si son multicelulares reciben el nombre de espinas (móviles) o de espuelas (articulados y móviles).

La epicutícula tiene un espesor de 1 a 2 micras, a prueba de agua y muy resistente al ataque de disolventes orgánicos y otras sustancias químicas. La epicutícula está formada de un número considerable de componentes químicos como: lípidos, ésteres de ácidos grasos, alcoholes normales mezclados con hidrocarburos parafínicos, lipoproteínas e hidrocarburos volátiles.

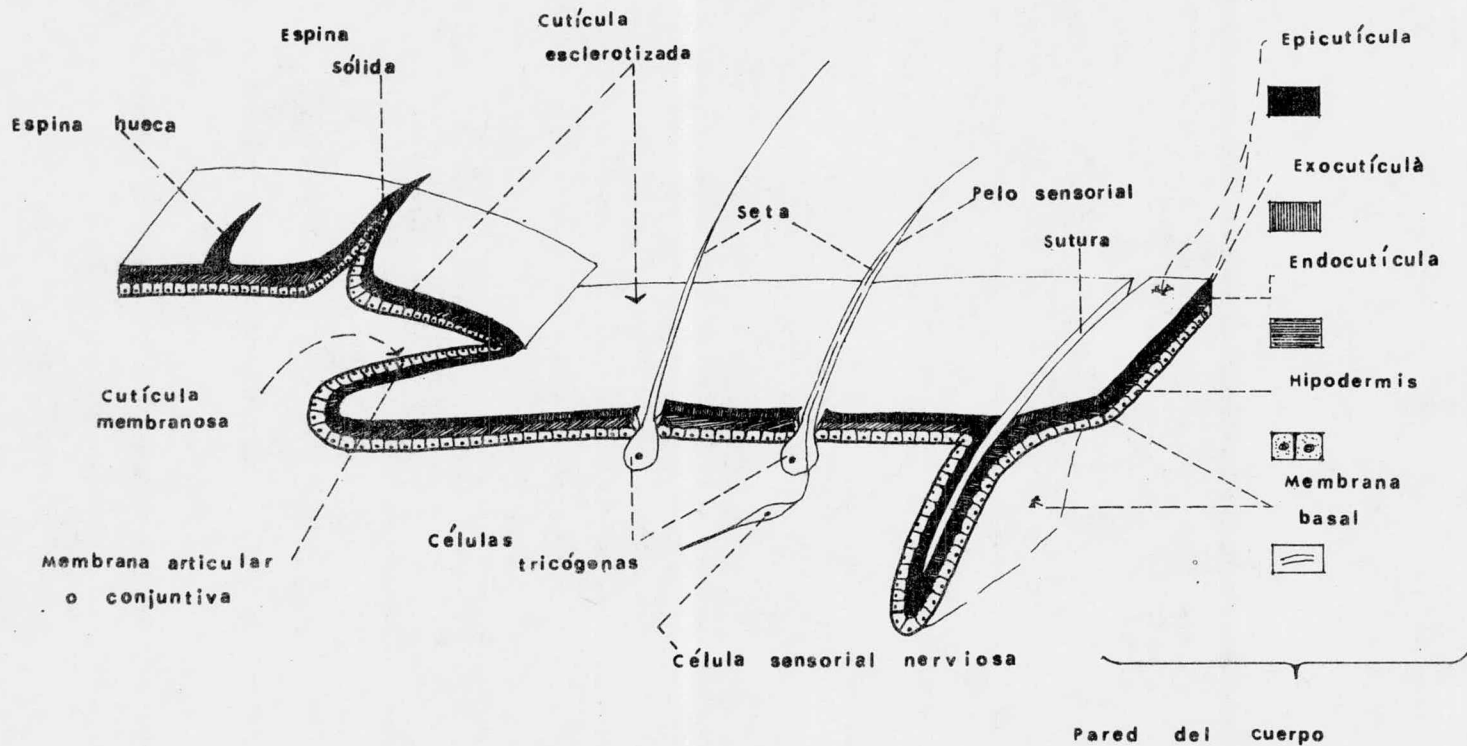
En la parte interior de la epicutícula descansa la cutícula quitinosa, que es la estructura principal del exoesqueleto del insecto, la quitina es un polisacarido de N-acetil glucosamina. Absorbida en la estructura quitinosa se encuentra una proteína soluble en agua que recibe el nombre de antropodina en una proporción de un 35 a un 70% Figura 1.

Los rasgos estructurales de la cutícula y la difracción de la luz son los responsables de los diferentes colores que presentan los insectos.

Segmentación del cuerpo. Los insectos tienen gran libertad de movimiento a pesar de que tienen una estructura dura y su movilidad se hace posible gracias a la segmentación de su cuerpo.

Los segmentos del cuerpo son llamados somitos o segmentos del cuerpo, para distinguirlos de otros segmentos.

La parte flexible de la cutícula, que conecta con las porciones duras, es llamada conjuntiva o membrana articular, cada segmento está constituido



Pared del cuerpo de un insecto

FIGURA 1

por cuatro caras, una dorsal, arriba de las patas, llamada tergum o notum; la cara ventral llamada sternum y las caras laterales en la base de la pata, se denominan pleurum; cada una de estas caras puede estar constituida por varios escleritos, los cuales, colectivamente, son llamados tergitos, esternitos y pleurito. El número típico de segmentos del cuerpo del insecto es de 20 a 21, pero ordinariamente sólo se reconocen de 12 a 8 anillos.

Regiones del cuerpo de los insectos. Los segmentos del cuerpo también son llamados metámeros, y se agrupan en tres regiones diferentes que son: cabeza, tórax y abdomen. Cada región presenta un conjunto de apéndices característicos. Fig. 2

En la cabeza se encuentran un par de antenas y dos apéndices bucales; las mandíbulas, el primer par de maxilas, provistas de palpos maxilares y el segundo par de maxilas, soldadas para formar el labio inferior y provistas de palpos labiales; la parte anterior y media de la cabeza constituye el clipeo, con una prolongación anterior denominada labro, que limita la cavidad bucal. En los insectos la boca puede adaptarse a distintas funciones, como masticar, chupar, lamer y picar.

Las antenas de los insectos les permiten percibir el peligro, localizar su alimento, encontrar pareja y comunicarse con otros individuos de su especie; otros lo usan como órgano olfativo o elemento de audición.

En la cabeza se encuentran también los órganos de la visión que son dos ojos compuestos o en algunos casos varios ojos simples u ocelos.

El tórax de los insectos consta de tres segmentos llamados protórax, mesotórax y metatórax, provistos cada uno de un par de apéndices ambulatorios.

A cada uno de los tres segmentos se adhieren un par de patas que permiten que el insecto se mueva fácilmente. Algunas larvas de insectos, además de los tres pares de patas articuladas, poseen de dos a ocho pares de patas adicionales de proyecciones carnosas y no articuladas en el abdomen, que usan y se les conoce como falsas patas.

Las patas de los insectos son huecas, más o menos cilíndricas, movidas por músculos que se extienden desde un segmento de éstas a unos más distales o que entran a la base de la pata de partes adyacentes de la pared del cuerpo.

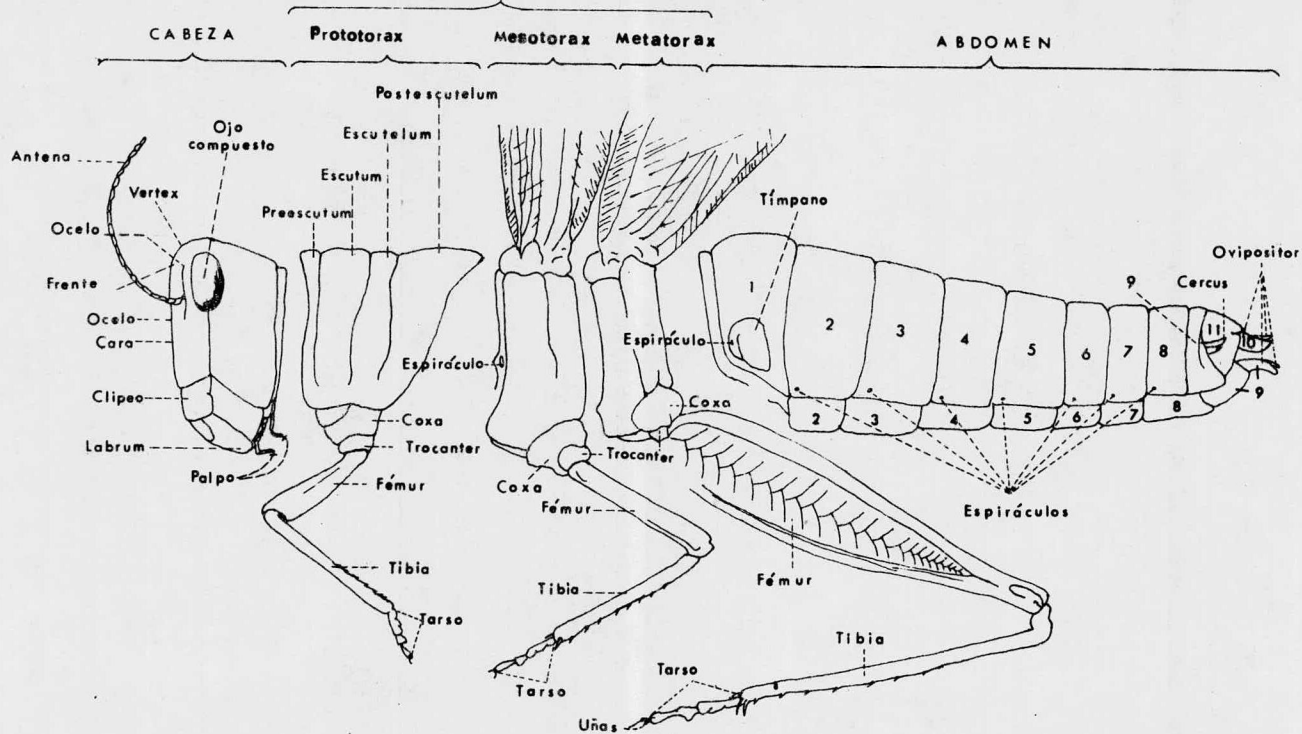
En los insectos alados los dos últimos segmentos torácicos poseen dos pares de alas; en general las alas son membranosas y están sostenidas por nervaciones. En algunos órdenes las alas pueden estar total o parcialmente endurecidas por la quitina, en otros están revestidas por pelos. Las alas capacitan a los insectos para movilizarse en busca de alimento, alejarse de sus enemigos, dispersarse, encontrar pareja y encontrar sitio de protección y nidación.

Los insectos adultos son los que poseen las alas funcionales, sin embargo, existen insectos que no poseen alas y tienen una vida quieta en el suelo.

El abdomen tipo de los insectos está constituido por 11 segmentos más uno terminal llamado telson. Los dos últimos segmentos por lo general están atrofiados.

c) Procesos metabólicos de los insectos

Los cambios químicos que se verifican en el cuerpo del insecto son reacciones químicas que existen en organismos vivos similares, algunas veces difieren de las realizadas por los mamíferos, pero tienen el mismo fin, que es



REGIONES DEL CUERPO DE UN INSECTO

FIGURA 2

el de obtener energía para realizar funciones y trabajo.

1. Digestión y Nutrición. Los hábitos alimenticios de los insectos, son los que determinan su habitat ecológico. Los alimentos de los insectos pueden constar de casi todas las variedades de sustancias orgánicas naturales, algunos insectos se desarrollan en madera, lana, seda, plumas, pimienta, jengibre, tabaco y aún raíces de algunas plantas.

La fisiología de la digestión varía según el régimen alimenticio de cada grupo de insectos; así, en los carnívoros y saprófagos, dominan las proteasas y lipasas y en los fitófagos, las amilasas y carbohidrasas. La producción de enzimas varía con la naturaleza del insecto y se verifica en glándulas o células de función secretora.

El tubo digestivo de los insectos comprende el intestino anterior (estomodeo), el intestino medio (mesodeo) y el intestino terminal (proctodeo).

El canal alimenticio de los insectos parte de la boca y termina en el ano; el espacio entre el canal alimenticio y la pared del cuerpo es llamado hemocoel y está en gran parte lleno de sangre.

El intestino anterior consta sólo de la boca o cavidad bucal, la faringe, y el esófago, que se continúa en el estómago. Todo el tubo está rodeado por una capa interna de músculos longitudinales y una capa externa de músculos circulares. La faringe está generalmente desarrollada como una bomba o dispositivo chupador.

El intestino posterior es un tubo sencillo que va del intestino medio al ano y está formado por un píloro, un colon, un saco rectal y un recto.

El intestino medio o estómago tiene válvulas en su extremo anterior y en su extremo posterior (llamadas válvulas cardíaca y pilórica respectivamente),

que regulan el paso de alimento hacia fuera del estómago.

La porción epitelial del intestino medio está recubierta con células de Malpighi, que son las que excretan las enzimas digestivas y absorben los productos de la digestión. Rodeando el epitelio está una capa interna de músculos circulares y una capa externa de músculos longitudinales, los que mantienen a los productos alimenticios en movimiento a lo largo del canal.

Los insectos necesitan de ciertos elementos nutritivos esenciales entre los que se encuentran:

a. Minerales. Fósforo y potasio como factores limitantes del crecimiento. Calcio, requerido para el crecimiento y transformación de larvas en mosquitos. Cobalto, magnesio y manganeso, que son cofactores de varias enzimas.

b. Carbohidratos. Son fuentes importantes de energía, el insecto utiliza desde azúcares simples hasta materiales más complejos como la celulosa y la hemicelulosa, almidón y glucógeno.

c. Lípidos. La mayor fuente de energía que se requiere durante el vuelo se obtiene de los lípidos, especialmente los ácidos grasos como el ácido linoleico.

d. Esteroles y vitaminas liposolubles.- Los insectos necesitan tanto como fuente de vitaminas y esteroles de alimentos que le proporcionen esterol y 7 dehidrocolesterol y beta caroteno, este último para un mejor desarrollo de los colores del cuerpo.

e. Vitaminas hidrosolubles. Todos los insectos requieren vitaminas para su crecimiento y su desarrollo, las cuales actúan como catalizadores en el metabolismo celular, por ejemplo; tiamina, riboflavin, ácido fólico, ácido nicotínico, ácido pantoténico, piridoxina, colina y biotina.

f. Proteínas y aminoácidos. Todos los insectos requieren de proteínas comple-

tas o de aminoácidos. Como ejemplo está la caseína que es necesaria para el crecimiento de varios insectos.

2. Circulación. El sistema circulatorio de los insectos, en contraposición al de los animales superiores, sirve como medio para todos los cambios químicos entre los órganos del cuerpo, y funciona en el transporte de los materiales nutritivos, excreta, hormonas y gases respiratorios; también transmite y mantiene las presiones del cuerpo durante los movimientos respiratorios; le sirve en la incubación, muda y para el funcionamiento de los órganos eréctiles tales como el pene y el ptilinum.

El sistema circulatorio consta de un tubo simple que descansa cerca de la pared inferior del cuerpo, abajo de la mitad del dorso. Este vaso dorsal, cuya porción abdominal es llamada "corazón" Fig. 3 está cerrado en la parte posterior, pero tiene pequeñas aberturas por pares (ostia) a intervalos regulares a lo largo de los lados. La sangre puede entrar por estas aberturas, pero un dispositivo de las válvulas auriculares evita que la sangre fluya hacia atrás. La porción anterior, sin pulsación, se llama aorta. Fig. 3 El corazón es mantenido en su lugar por unas láminas triangulares del músculo alar, extendiéndose a las paredes del cuerpo. Un diafragma fibromuscular se extiende atravesando la cavidad abdominal arriba del canal alimenticio y forma un seno pericardial o dorsal definido que encierra el corazón.

Además del vaso dorsal, los órganos pulsadores accesorios ayudan en la circulación de la sangre a través de los apéndices. Son estructuras en forma de saco, situados cerca de la base de las antenas, patas y alas.

Bajo condiciones normales, la sangre se mantiene en movimiento por las pulsaciones rítmicas del vaso dorsal, que se efectúa como una onda de contracción, sístole, procediendo de una dirección anterior, esto hace que la sangre corra a la región de la cabeza, donde, al dejar la aorta, entra a la cavidad del cuerpo

y por medio de la presión la sangre se desplaza en una dirección posterior.

A medida que los músculos del corazón se relajan y los músculos alares se contraen para extender el corazón, diástole, la sangre entra al corazón a través de la ostia.

La circulación es ayudada por los movimientos del diafragma ventral que se ondula posteriormente y permite la circulación de la sangre a través de los senos pericardial y perinural.

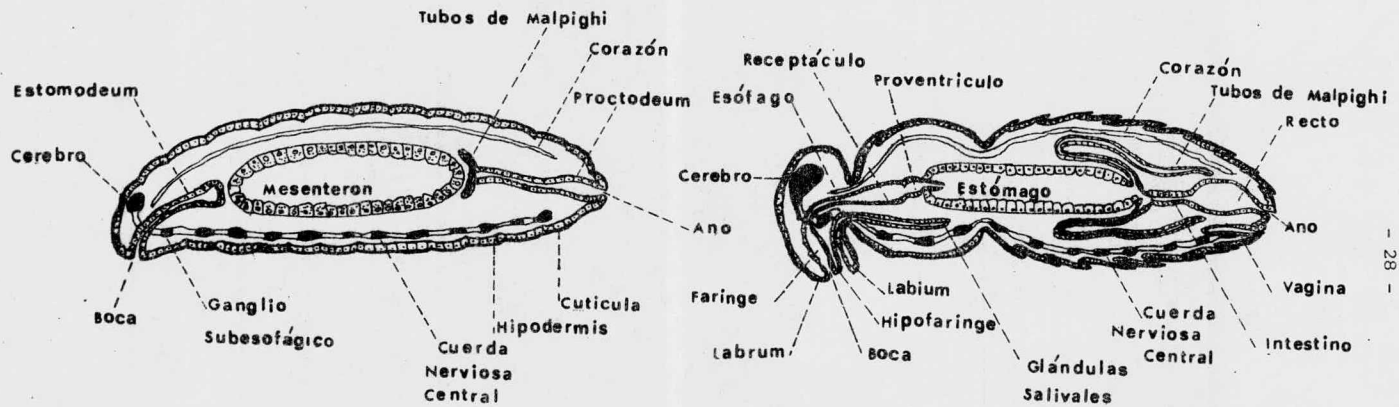
Los órganos pulsátiles o accesorios ayudan al bombeo de la sangre a través de vasos perforados que pasan por las antenas, patas y entre la tráquea y las paredes de las venas de las alas y regresa a lo largo del margen posterior.

El grado de contracción del vaso ventral es directamente proporcional a la temperatura ambiental.

La sangre de los insectos no contiene hemoglobina y por lo tanto su contenido de oxígeno es bajo, y por lo tanto no participa activamente en la función respiratoria como en los animales superiores, aunque sirve en la eliminación de bióxido de carbono, principalmente como bicarbonato, y ayuda en la transferencia de los gases entre los extremos posteriores de los traqueolos y los tejidos.

La sangre de los insectos es un líquido amarillento, verde o que constituye del 5 al 40% del peso total del cuerpo; las células de la sangre del insecto son hemocitos o amebocitos, y su principal función consiste en expulsar cuerpos extraños, y cicatrizar las heridas por aglutinación. Estas células pueden existir más o menos de 1000 a 100,000 por mm cúbico. Los hemocitos también pueden tener la función de almacenar alimentos, glucógeno y grasa.

El p H de la sangre de los insectos es cercano a la neutralidad, contiene más o menos 90% de agua, su presión osmótica es equivalente a 0.9 - 1.6% de



A

B

Estado embrionario

Estado maduro

Disposición de los órganos
principales
de un insecto

FIGURA 3

cloruro de sodio, tiene una amplia variedad de constituyentes inorgánicos tales como sodio, potasio, magnesio, fósforo, cloro, y huellas de cobre, zinc, aluminio y manganeso.

La sangre de los insectos tiene un contenido aproximado de 25 a 70% de aminoácidos libres en comparación con el plasma humano; también están presentes, grasas, proteínas, y en lugar de glucosa esta un disacárido no reductor, la trehalosa que contiene también huellas de pigmentos vegetales y animales.

3. La respiración. Es el proceso mediante el cual el oxígeno de la atmósfera se introduce a los pasajes de aire del insecto, es transportado a las diversas células del cuerpo y participa en los procesos metabólicos de la oxidación y por el cual el bióxido de carbono es eliminado del cuerpo.

El sistema de respiración de los insectos es traqueal, es decir, el aire entra a un sistema de conductos internos denominados tráqueas, a través de aperturas laterales acomodadas por pares denominadas espiráculos Fig. 2. En los insectos acuáticos el aire llega a través de las agallas.

Muchos animales introducen el aire a su cuerpo a través de la pared del mismo, pero la evolución de una cutícula muy impermeable, ha hecho que éste sea un proceso ineficaz en los insectos terrestres y sólo se presenta en *Collembola*, y en los insectos acuáticos, o en ciertas larvas parásitas de Dípteros y Heminópteros, que viven en medios acuosos.

Sistema traqueal. La tráquea forma una serie elaborada de ductos de aire que se dividen en ramas diminutas, los traquéolos Fig. 2 que se comunican al final del camino con un órgano, una célula o un tejido.

A través de las paredes delgadas de los traquéolos, las células vivas extraen por difusión el oxígeno necesario para la respiración, y de la misma manera regresan el bióxido de carbono producido en el metabolismo.

La regulación de la respiración se efectúa por la acción de difusión a través de la cerradura espicular y la regulación de la ventilación a través del movimiento de bombeo.

Una deficiencia de oxígeno, o un exceso de bióxido de carbono producen la abertura de los espiráculos y aumento en la velocidad de los movimientos de respiración.

Una alta concentración de bióxido de carbono ocasiona la anestesia total y prolongada de los insectos.

La respiración celular de los insectos, lo mismo que la de otros animales, es un sistema muy complejo por medio del cual el oxígeno es utilizado a través de un sistema de enzimas y portadores para oxidar los materiales alimenticios tales como azúcares, grasas y proteínas para obtener energía química utilizable en los procesos metabólicos

Finalmente, la tráquea se abre al exterior en los estigmas, revestimientos de la cutícula dispuestos por pares sobre los dos últimos segmentos torácicos y el abdomen.

4. Excreción. El proceso de la excreción sirve para eliminar los desperdicios de productos nitrogenados del catabolismo de las proteínas del medio ambiente interno del cuerpo y para regular el equilibrio de iones y agua. Varios órganos contribuyen a esta función y son:

(a) los tubos de Malpighi; (b) la grasa del cuerpo y (c) los nefrocitos.

Los tubos de Malpighi son los órganos que tienen por función la formación y excreción de la orina y consta de un número variable de tubos cerrados en su extremo distal que se abren en un intestino posterior cerca de su unión al intestino medio Fig 4

Las porciones distales de los tubos generalmente están libres en la cavidad del cuerpo, pero en algunas especies los extremos distales están cubiertos hasta el intestino posterior por una capa de células o músculos, esta condición se llama criptonefría y se cree que ayuda a los insectos en la conservación del agua vitando su eliminación total en las heces.

El número de tubos de Malpighi es variable, pero generalmente son pares. En la sección transversal los tubos se ven como si estuvieran compuestos de una sola capa de 3 a 8 células epiteliales rodeando un lumen Fig. 4.

La orina eliminada contiene una gran cantidad de ácido úrico, sodio, potasio, calcio y sales de amonio, además pueden contener amoniaco, urea y aminoácidos.

Los tubos de Malpighi sirven también como depósitos para el almacenamiento de vitaminas solubles en agua.

La grasa del cuerpo está reunida en células almacenadoras de grasa, glucógeno, y proteínas que no son requeridas de inmediato para la subsistencia; se encuentra ocupando mucho espacio y generalmente está entre órganos grandes.

5. Secreción. Las secreciones son producidas por células o grupos de células que reciben el nombre de glándulas.

Son dos tipos generales, las glándulas exócrinas que descargan sus secreciones fuera del cuerpo del insecto o al interior de las víceras a través de un conducto bien definido y las glándulas endócrina, cuyas secreciones se difunden por la corriente sanguínea y son llamadas hormonas.

Glándulas exócrinas. Pueden ser células simples o agregaciones de células, ejemplo de ellas son: las células epidérmicas que forman la cutícula y el fluido de muda y los tubos de Malpighi.

Glándulas labiales o salivales. Sus secreciones son variadas, pero generalmente están relacionadas con la digestión, las glándulas descansan en el tórax, pero se extienden hasta el abdomen.

Glándulas de cera. Secretan cera para la formación de la cutícula.

Glándulas de seda. Secretan seda para la formación de albergues.

Glándulas repelentes. Son glándulas dérmicas que se encargan de secretar olores desagradables que protegen al insecto Figura 5.

Glándulas atrayentes. Secretan las feromonas o ectohormonas que producen reacciones específicas en otros individuos de la misma especie, las feromonas incluyen atrayentes sexuales, aromas específicos, mareadores secretados por la abeja de miel y el abejorro para identificar a los miembros de las colonias individuales y para la orientación del nido, se cree que la hormiga *Formica rufa* usa ácido fórmico para marcar sus huellas.

En las abejas las feromonas orales secretadas por la reina y lamidas por las obreras, informan a éstas últimas de la presencia de la reina, retarda el desarrollo de sus ovarios e influencia su comportamiento. Las feromonas también son producidas por el rey y la reina de las termitas que, actuando juntos, reprimen la producción de individuos de la casta reproductora.

Glándulas venenosas. Sus secreciones son venenos que inyectan las hembras de hormigas, abejas y avispas a través del ovipositor modificado o lanceta.

Glándulas endócrinas. Son glándulas que regulan las funciones de muda y metamorfosis por medio de la elaboración de hormonas.

Las hormonas son producidas por una gran variedad de células neuroendócrinas.

Glándulas protorácicas. Secretan la hormona de crecimiento y la muda, sólo en respuesta a la acción de la hormona del cerebro.

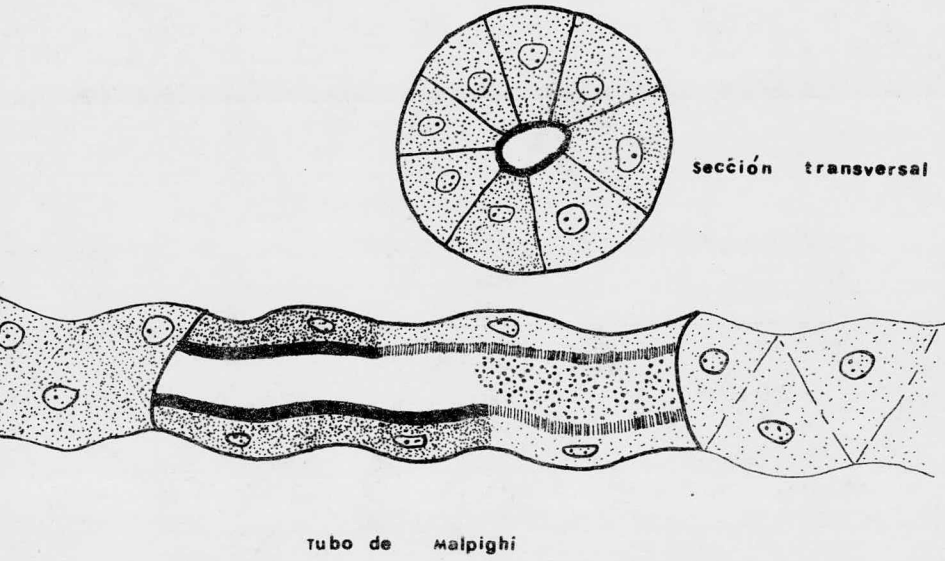


FIGURA 4

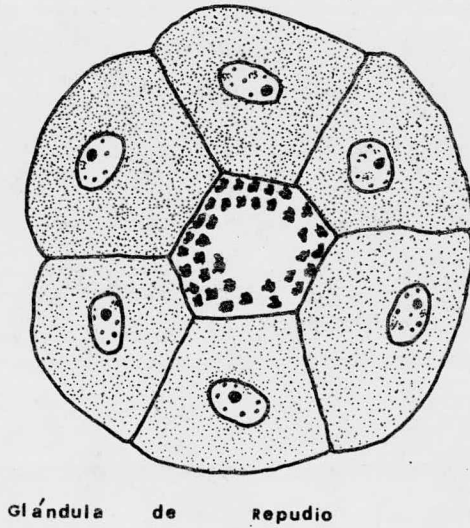


FIGURA 5

Cuerpo alar. Son órganos pares que producen la hormona que inhibe la aparición de las características adultas durante el desarrollo y se opone a la acción de la hormona de las mudas. Los cuerpos alares se vuelven inactivos en el último estado inmaduro y el cambio induce a la metamorfosis.

6. Sistema Nervioso. Los nervios están compuestos de células muy especializadas para las funciones de sensación, conducción y coordinación. Cada célula nerviosa se llama neurona y puede ser una neurona sensorial (aférente), la cual tiene un cuerpo celular apoyado en la hipodermis que conduce a impulsos sensoriales internos; una neurona motor (eferente), que tiene un cuerpo apoyado en el sistema nervioso central y que conduce impulsos de los ganglios hacia afuera de los músculos o las glándulas; o una neurona de asociación apoyada entre una neurona sensorial y una motor y puede modificar, dirigir, o armonizar los impulsos recibidos de una o varias células sensoriales, de tal modo que coordina la respuesta total del organismo.

Las neuronas constan de un cuerpo celular nucleado y un filamento largo axonal. Estas uniones entre las neuronas son conocidas como sinapsis y constituyen el mecanismo integrante entre el sistema de transmisión de las fibras nerviosas, las fibras del nervio sensorial son pequeñas y numerosas, mientras que las fibras del nervio motor son pequeñas y grandes.

A nivel fundamental existe poca diferencia entre el sistema nervioso del insecto y el de los animales superiores.

El impulso nervioso a través del axón es de naturaleza eléctrica, mientras que la transmisión sináptica parece que depende de la liberación de acetilcolina.

En los insectos el sistema nervioso está caracterizado por tres grupos Figura 3.

(a).- Sistema nervioso central (SNC), el cual consta de una serie de ganglios y sus conectivos.

(b). Sistema nervioso visceral o simpático que inerva al corazón, tracto digestivo, espiráculos, sistema reproductivo, etc. es decir, realiza funciones del cuerpo tales como digestión, circulación, reproducción, muda etc.

(c). Sistema nervioso periférico, el cual está compuesto de los nervios que irradian el SC, especialmente las neuronas celulares y los órganos extremos, este sistema es delicado y de largo alcance.

Las sensaciones de los ojos, antenas, palpos, etc son conducidas por los nervios periféricos sensoriales a los ganglios del SNC, donde se efectúan las asociaciones, y los impulsos nerviosos resultantes son conducidos a lo largo de los nervios motores a los músculos y las glándulas, los cuales responden con un comportamiento dirigido.

Los ganglios que componen el SNC están conectados por una cuerda nerviosa ventral doble que pasa de un extremo al otro del cuerpo.

El ganglio supraesofágico es el más grande y es el principal centro del cuerpo, y a él están unidos ganglios intraesofágicos, de los cuales se encuentran, por lo menos, dos en cada segmento.

d. Organos sensoriales. La función del sistema nervioso es la de relacionar al insecto con los cambios en su medio ambiente y por lo tanto es necesario tener cierta variedad de receptores que descubran e interpreten los cambios e estímulos y los trasladen a impulsar nerviosos para obtener una respuesta.

Los órganos sensoriales pueden ser clasificados como sigue:

(a). Presión o contacto, mecanorreceptores. Son pelos sensoriales que se encuentran sobre la superficie del cuerpo y actúan como una neurona bipolar, están

distribuidos ampliamente sobre el cuerpo, especialmente en las antenas, tarsos y cercis; producen impulsos nerviosos en respuestas a estímulos ligeros como las corrientes de aire y las vibraciones de la tierra.

(b). Sonido, audiorreceptores u órganos auditivos. Dos tipos de mecanorreceptores se han especializado en los insectos para obtener respuestas auditivas, las sensorias tactiles y los órganos timpánicos.

Las sensorias tactiles son pelos sensoriales que responden a los sonidos de baja frecuencia, son de tamaño variable y vibran a los diferentes tonos.

Los órganos timpánicos son membranas cuticulares en forma de tambor y responden a las vibraciones de más o menos 250 a 45000 ciclos por segundo.

(c). Químico receptores, sustancias químicas en solución o gases.

La percepción de olor y sabor en los insectos es realizada por los pelos sensoriales modificados. Constan de una neurona asociada con un tricógeno o célula glandular y están cubiertos con una pared cuticular muy delgada a través de la cual la sustancia química se introduce por ósmosis. Un sentido químico, generalizado para la percepción irritante, existe independientemente de las respuestas características al olor y el sabor.

La respuesta gustatoria se presenta en la epifaringe, hipofaringe y palpos, aunque en las abejas y las hormigas también se pueden encontrar en las antenas.

La sensibilidad es variable, pero en muchas especies se distinguen las cuatro cualidades del sabor, dulce, salado, agrio y amargo.

(d). Organos visuales. Los insectos tienen dos clases distintas de ojos: ocelos u ojos simples y los ojos compuestos.

Los ojos simples tienen una sola lente tipo córnea, la cual es un área ar-

queada y engrosada de cutícula transparente que sirve como un foco fijo de una lente y es detenido desde abajo por una banda de células cornágenas transparentes y debajo de éste existe una retina, la cual consta de grupos de neuronas sensoriales rodeando a una varilla óptica longitudinal Fig 2. Los ocelos sirven para la percepción de la luz, puesto que la imagen de los lentes es enfocada muy atrás de la retina, y son muy sensibles.

Los ojos compuestos están dispuestos uno a cada lado de la cabeza del insecto y son los órganos más notorios, siendo áreas convexas, redondas, ovales o arriñonadas. Figura 2. Constan de un número variable de facetas o córneas.

Realmente no se sabe que tan bien pueden ver los insectos con dichos ojos, no los pueden mover, y tampoco cerrar, se cree que el ojo compuesto es especialmente bueno para distinguir objetos en movimiento y es probable que entre más cerca esté mejor lo puedan ver:

(e). Temperatura y humedad.

Cada tipo de órgano recibe únicamente una sola clase de estímulo, excluyendo a todos los demás.

e) Sistema muscular. El número de músculos de los insectos es variable y muy numeroso, los músculos pueden ser voluntarios o involuntarios. Histológicamente son del tipo estriado, en los cuales las fibras están compuestas por fibrillas encerradas en un sarcoplasma nucleado. Los músculos del insecto presentan una coloración amarillenta y poseen una gran fuerza, en ellos están incluidas las fibras nerviosas.

f) Sistema Reprodutor. En los insectos los órganos reproductores están en individuos diferentes, con excepción de la escama algodonosa *Icerga purchasi* que es tanto hermafrodita como autofertilizante.

folículos testiculares, en estos tubos las células sexuales (gametos) se vuelven más especializadas, variando de células germinales primarias a oogonias o espermatogonias y luego oocitos o espermatozoides y finalmente, de la división reductora de los cromosomas emergen como huevos maduros en la hembra o como espermatozoides maduros en el macho.

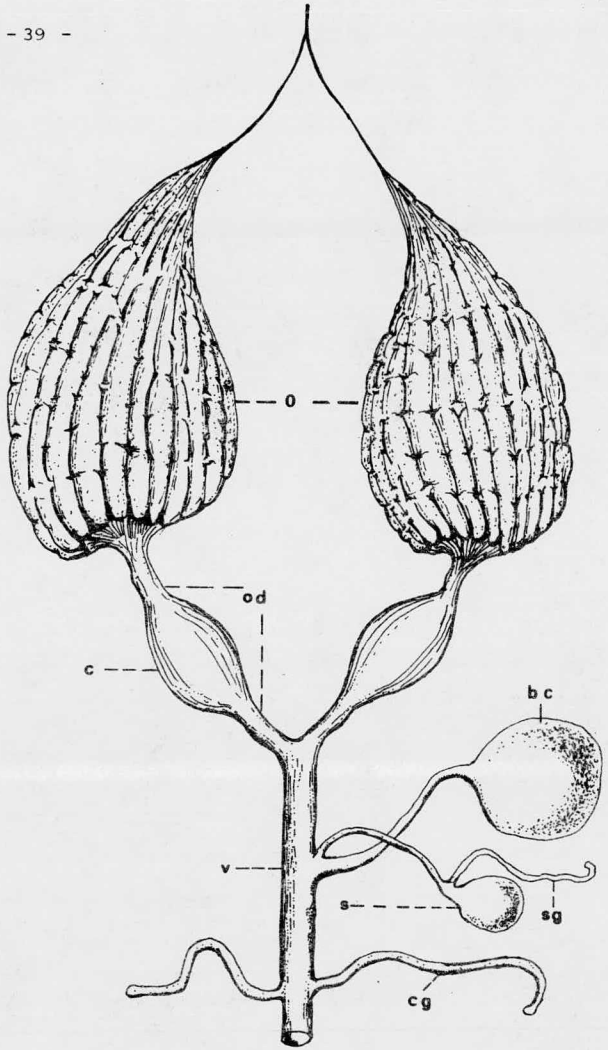
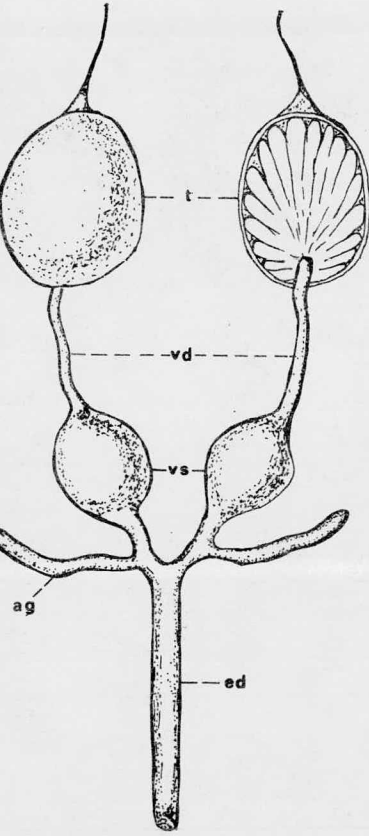
El crecimiento de los huevos se hace posible por las secreciones de las células adyacentes conocidas como células nodrizas. Los gametos son dirigidos al exterior del cuerpo a través de los tubos conocidos como conductos seminales en el macho y oviductos en la hembra.

Los espermatozoides acumulados son retenidos en el cuerpo del macho en dilataciones conocidas como vesículas seminales. En el momento del apareo los espermatozoides son recibidos en el interior de una bolsa especial del sistema de la hembra, conocido como receptáculo seminal o espermateca, la cual está adherida a los oviductos o vagina. Posteriormente, a medida que los huevecillos son puestos, algunos espermatozoides almacenados son forzados hacia fuera sobre los huevecillos, constituyendo esto la fertilización.

En los casos como el de la abeja reina, los espermatozoides retienen su vitalidad en el receptáculo seminal durante toda su vida, la cual es de varios años. Los huevecillos pueden ser fertilizados por este sistema después de que se efectúe el apareo. Los dos oviductos generalmente se unen para formar un ducto común, la vagina, que se abre ventralmente en el séptimo, octavo o noveno segmento abdominal.

En el macho los conductos seminales se fusionan en uno sólo que se denomina conducto eyaculatorio y que se abre ventralmente en el noveno segmento.

La correspondencia de los órganos del macho y la hembra se muestran en la tabla siguiente Figura 6



Organos reproductores del macho

- Testículos
- Conductos seminales
- Vesículas seminales
- Glándulas accesorias
- Conducto eyaculatorio

Organos reproductores de la hembra

- o. Ovario
- od. Oviducto
- c. Caliz del huevecillo
- bc Cámara genital
- v. Vagina
- s. Glándula espermática
- sg. Receptáculo seminal
- cg. Glándula de collar

FIGURA 6

Los insectos machos son generalmente más pequeños que las hembras. Los sexos algunas veces no son distinguibles en su aspecto externo, pero muestran diferencias menores por las cuales se pueden identificar. Frecuentemente un exámen de la punta del abdomen puede mostrar diferencias suficientes para distinguir los sexos.

Los órganos reproductores generalmente se encuentran hacia la punta del abdomen Fig 2 aunque cuando los huevecillos se están desarrollando, con frecuencia llenan toda la cavidad del cuerpo de la hembra. La abertura de los órganos reproductores está cerca del extremo posterior del cuerpo en todos los insectos, y está rodeada por la genitalia externa. En la hembra puede haber un ovipositor, un órgano que sirve para introducir los huevecillos en la tierra, en los tejidos de las plantas o en los cuerpos de otros animales. En los machos hay enganchadores Fig 2, usados para sostener a la hembra y al pene durante el apareo. Los genitales externos se usan cada vez más en la determinación de las especies; pues las partes pequeñas y complejas que muestran, quizás son diferencias más distintivas entre las especies que cualquier otro grupo de estructuras.

En cualquier sexo los gametos o células terminales (huevecillos y esperma respectivamente), se desarrollan a partir de células de apariencia ordinaria y se prepara para su unión en las glándulas sexuales. Estas glándulas Fig 6 son cuerpos compactos que descansan entre los otros órganos del abdomen, o están suspendidos por filamentos o ligamentos de la parte interior de la pared dorsal.

Los ovarios constan de unos tubos diminutos llamados tubos ováricos y comúnmente son de 4 a 8.

En el macho los testículos constan de varios tubos diminutos llamados (pag.38)

g) Desarrollo de los Insectos. Todo insecto se desarrolla a partir de un huevo, y la mayor parte de las hembras los depositan en lugares en donde las larvas se pueden encontrar con alimento en el momento de nacer. En algunos pulgones y moscas, la hembra lleva los huevos en el interior de su organismo hasta que nacen las larvas.

El lugar que elige un insecto para desovar es variable, así como la forma en que acostumbra hacerlo. Los insectos que se nutren de hojas, colocan generalmente los huevos sobre éstas, a fin de que la larva encuentre sustento cuando nazca, y ciertas polillas los depositan sobre el tronco de los árboles, formando montones que recubren con pelos y escamas. Las cucarachas elaboran unas cápsulas muy resistentes, en cuyo interior se encuentran varios huevos.

Otros insectos los colocan simplemente en el suelo, otros los depositan en inscripciones que hacen en el tronco de los vegetales y otros los fijan a la planta mediante filamentos sedosos.

La transformación mediante la cual el huevo se convierte en adulto se denomina metamorfosis.

El aspecto de las larvas varía considerablemente cuando salen del huevo, las que tienen gran parecido con el insecto adulto se denominan ninfas. En ambas etapas del ciclo biológico existen los mismos órganos vitales e ingieren parecidos alimentos. Después de un periodo de crecimiento y tras haber mudado el caparazón varias veces, la ninfa se convierte en adulto; ésta es una metamorfosis simple.

Otros insectos, en las etapas en las que aún no han alcanzado la madurez, difieren considerablemente de los adultos y viven en medios diferentes, produciéndose la evolución llamada metamorfosis completa. En la etapa que sigue inmediatamente al huevo, el insecto tienen generalmente el aspecto de gusano

y recibe el nombre de larva, conociéndose muchas de éstas con nombres especiales.

Debido a que el exoesqueleto del insecto es rígido, el crecimiento del animal se verifica por etapas en lugar de ser continuo y cada uno de estos pasos está precedido por la muda del caparazón, así como de las membranas que tapizan las tráqueas y las partes anterior y posterior del tubo digestivo. Poco antes de mudar, el insecto deja de alimentarse y permanece en estado de inactividad y en este momento empieza a formarse una nueva cubierta bajo el caparazón antiguo hasta que al fin se abre por el centro del dorso y el animal se deshace de él. Al principio el cuerpo del insecto es blando y de color pálido pero en el término de 24 horas adquiere el color normal y la cubierta se endurece.

En ciertos grupos de insectos existen, para una misma especie, distintos tipos de larvas que suelen diferir por su aspecto y por los medios en que habitan; este tipo complejo de desarrollo se conoce con el nombre de hipermetamorfosis. En los insectos que sufren metamorfosis completa se produce otra etapa más durante ella el insecto se denomina crisálida; que es un estado de descanso en el que los movimientos son mínimos, prescindiendo de toda alimentación. Durante este periodo las larvas se convierten en adultos.

El adulto es la única etapa en la cual el insecto tiene alas y con bastante frecuencia la vida del insecto adulto dura sólo unos pocos días, suficientes para que pueda ocurrir la fecundación y se produzcan los huevos, dando lugar otra vez a un nuevo ciclo de desarrollo.

h) Supervivencia de los insectos. La mayor parte de los insectos escapan de sus enemigos naturales por medio de una veloz carrera o bien volando, otros llevan a cabo determinados actos defensivos o se protegen adoptando la forma o el color del ambiente que les rodea.

En general los insectos se protegen mediante la adopción de una gran variedad de estructuras y artificios protectores que son:

1. Estructuras protectoras. Exoesqueleto esclerotizado: los pelos, las escamas, las espinas y la cutícula evitan el daño mecánico e impiden que se dañen por calor excesivo.
2. Construcciones protectoras. Por ejemplo los capullos o cocones que están formados de hilos de seda .
3. Tamaño, forma y color. El mimetismo o camuflaje, que permite al insecto esconderse para protegerse o para agredir a alguna presa, la forma más simple de camuflaje que logran los animales es el cambio de color; si el animal no puede cambiar de color busca, de todos modos, un fondo de color con el que pueda confundirse en sus ratos de descanso, los insectos verdes reposan sobre las hojas, los oscuros sobre los troncos de los árboles, como por ejemplo los insectos palo, cuando descansan o bien cuando se ven amenazados, se ponen rígidos y erectos sobre una rama y simulan ser parte de ella. Otros insectos adoptan la coloración de sus crisálidas del árbol, planta o piedra en donde las construyen. Entre los animales es muy frecuente ver unas curiosas manchas que parecen ojos, por ejemplo la mariposa *Caligo*, de América del sur, que cuando se coloca de cabeza desarrolla manchas que semejan ojos de lechuza; la larva de la mariposa cola de Milán, apenas ve en realidad con sus ojos diminutos que están situados en la punta de la cabeza, pero tiene dos grandes ojos falsos semejantes a los de una serpiente.
4. Posiciones protectoras. Los insectos adoptan posiciones de defensa como el caso del escarabajo mantis, que desarrolla unas membranas de colores que parecen pétalos de flor a imitación de las flores de los arbustos donde se cuelgan; también, de esta manera, pueden esperar a que se acerque algún insecto agrada-

ble a su paladar.

Uno de los procedimientos más importantes es el que consiste en la imitación de otros tipos de insectos, y por lo general algunos de ellos como la mosca que son inofensivos, adoptan a veces la apariencia de ciertos insecto peligroso, alejando de esta manera a sus posibles atacantes.

5. Picaduras dolorosas. Es otra manera de defenderse, y es un medio de protección usado por abejas, hormigas, y a vispas, algunas orugas y algunos escarabajos.

ENFERMEDADES MICROBIANAS

Era de esperarse que el conocimiento del hombre acerca de los insectos parásitos y predadores precediera al conocimiento de los patógenos de insectos. No solamente contribuyeron a ésto las diferencias en tamaño, sino también el lento desarrollo de los distintos aparatos para poder estudiar los microorganismos, así como los microscopios de alto poder. Sin embargo, muchos de los primeros naturalistas se dieron cuenta de que los insectos sufrían enfermedades y a partir de entonces la patología de los insectos y el combate microbiano han recibido mayor atención y apoyo en todo el mundo. Actualmente los microorganismos entomógenos están empezando a recibir la justa importancia que merecen como agentes bióticos que afectan a las poblaciones de insectos. Sin embargo, el control microbiano ha avanzado rápidamente debido a la adopción de muchos de los principios y métodos tanto del control biológico como del químico.

Los conocimientos adquiridos a través de estos años señalan las relaciones de los microorganismos y las enfermedades de los insectos permitiendo dividir las en:

- a). Enfermedades bacterianas.
- b). Enfermedades fúngicas.
- c). Enfermedades virales.
- d). Enfermedades causadas por nemátodos.

Limitaremos nuestra exposición a aquellas enfermedades e infecciones que han sido o son potencialmente de importancia en el combate bacteriano y fúngico.

A) ENFERMEDADES BACTERIANAS

Las enfermedades bacterianas que han sido estudiadas extensamente son las de los insectos benéficos. Las explicaciones de Pasteur (2) acerca de la causa de la flacheria del gusano de seda y los estudios de Cheshire y Cheyne (2) de la enfermedad llamada loque europea de la abeja, marcan el principio de nuestro conocimiento de cómo las bacterias pueden infectar y causar la muerte de los insectos.

Con el conocimiento adquirido a través del estudio de estas enfermedades y basándose en el conocimiento actual, las bacterias asociadas pueden dividirse arbitrariamente en ciertas categorías o grupos (Steinhaus (31))

- 1). Bacterias no entomógenas generalmente presentes en el medio ambiente externo del insecto.
- 2). Bacterias regular u ocasionalmente presentes en el conducto alimenticio de insectos sanos.
- 3). Patógenos no formadores de esporas (generalmente facultativos).
- 4). Patógenos facultativos formadores de esporas.
- 5). Patógenos obligados o estabilizados, formadores de esporas.
- 6). Patógenos formadores de esporas cristalíferas.

Posteriormente Bucher (31) agrupó a las bacterias patógenas de insectos en:

- a). Patógenos obligados.
- b). Patógenos facultativos
- c). Patógenos potenciales y
- d). Patógenos formadores de esporas cristalíferas.

Basándose en las anteriores clasificaciones se describen a continuación algunas de las enfermedades más importantes y mejor estudiadas en el control de los insectos-plaga.

Enfermedades causadas por bacterias formadoras de esporas.

a). Enfermedades lechosas.

Aunque desde 1921 se sabía que la larva del escarabajo japonés, *Popillia japonica Newm* padecía una enfermedad. El primer reporte importante sobre el conocimiento de las enfermedades lechosas de este insecto apareció en 1935 Hawlwy y G.F. White y Hadley (1); demostraron que están involucrados dos tipos principales de infecciones; éstas han sido designadas como enfermedades lechosas de tipo A y tipo B. La bacteria causante de estos dos tipos fue descrita por Dutky (4), quien las nombró *Bacillus popilliae* y *Bacillus lentimorbus* respectivamente.

Algunas gallinas ciegas de escarabeidos, especialmente *Amphimallon majalis* Razou, son también susceptibles a esta bacteria. Una tercera enfermedad lechosa causada por un bacilo no identificado fue reportada en gallinas ciegas de Odontria, Nueva Zelanda.

Bacillus fubourgensis Willie una bacteria semejante a *Bacillus popilliae* causa una enfermedad lechosa en el escarabajo gallo *Melolontha melolontha*. Beard (2) reportó dos enfermedades lechosas en escarabeidos australianos, una en *Sericesthis pruriosa* Dalm, que es causada por *Bacillus lentimorbus* var *australis* Beard y la otra en *Heteronychus sanctaehlenae* Blanch causada por *Bacillus euloomarahaе*.

Enfermedad lechosa tipo A

La enfermedad lechosa tipo A es causada por un bacilo, denominado *Bacillus popilliae*, que es un bacilo pequeño inmóvil (se han reportado géneros móviles) gram positivo, el cual llega a hincharse en el tiempo de esporulación. Además de la espora se forma un cuerpo refringente al final del esporangio, el cuál, en

preparaciones no coloreadas, sugiere el contorno de una huella.

El bacilo puede cultivarse en condiciones aeróbicas, o microaerófilas; sin embargo, parece desarrollarse mejor en condiciones aeróbicas. El estado esporulado del bacilo se desarrolla con dificultad en medios de cultivo artificiales, por ello se cultiva de preferencia en insectos vivos.

Las esporas son sumamente resistentes a las condiciones adversas del medio.

Patogenia. *Bacillus popilliae* invade la hemolinfa de la larva del escarabajo japonés vía tracto digestivo, y produce la enfermedad lechosa tipo A; el nombre proviene de la apariencia lechosa que adquiere la hemolinfa al ser infectada lentamente por esporas de la bacteria (Dutky (28)).

Patología. El proceso de infección ocurre en cuatro fases: (1) Una fase de incubación inicial que dura unos dos días, durante los cuales no hay evidencia de infección en la hemolinfa, (2) fase vegetativa de proliferación en la hemolinfa, la cuál termina después de cinco días aproximadamente y es cuando las preesporas empiezan a aparecer y se observan algunas esporas, (3) fase intermedia, entre el quinto y el décimo día, caracterizada por crecimiento vegetativo asociado a la formación de preesporas y esporulación; el máximo de células vegetativas ocurre durante esta fase, pero el número de esporas supera al de células vegetativas al final de la fase, (4) por último una fase de esporulación, la cual termina entre el décimo cuarto y el vigésimo primer día y la larva aparece muerta con un aspecto típicamente lechoso, la población vegetativa declina y se acumula un gran número de esporas.

El proceso microscópico indica que muchas células vegetativas mueren sin formar esporas; las células muertas desaparecen de la hemolinfa por algún proceso fagocítico no conocido (Grant, et al (12)).

La población masiva de esporas característica de la enfermedad lechosa, resulta de la acumulación de éstas durante un periodo prolongado de crecimiento vegetativo y esporulación simultáneamente; no existe un periodo exclusivo de crecimiento vegetativo seguido de esporulación.

Una gallina ciega, o larva de escarabajo japonés, exhibe una turbiedad y opacidad en la región pericardial y los segmentos posteriores. El vaso dorsal y el saco rectal se ven claros en insectos sanos y en insectos enfermos se ven oscuros. También se incrementa la opacidad de las patas, la gallina ciega enferma, se vuelve opaca, su actividad se reduce y una pérdida de apetito se presenta seguida por la descarga de fluídos por la boca y el ano. La infección puede comenzar como una disentería acompañada con una diarrea, pero en la mayoría de los casos la bacteria invade toda la cavidad del cuerpo del insecto, y causa una septicemia que determina la muerte del huésped. Después de la muerte, el cuerpo del insecto, especialmente el de las larvas, se oscurece tomando una coloración café o negra. Usualmente los insectos recién muertos están blandos y al perder su forma, los tejidos internos pueden desintegrarse, o toman una consistencia viscosa, olorosa, pero normalmente no se derriten o licúan, como en los insectos muertos por ciertas infecciones virales. El cadáver del insecto generalmente se seca y se encoge, el integumento permanece intacto; examinando al microscopio secciones histológicas de un insecto muerto o seco por una enfermedad bacteriana, normalmente se ve un gran número de bacterias.

Aunque algunas larvas infectadas pueden transformarse en pupa y adulto, por lo general la metamorfosis se inhibe.

Bacillus popilliae es un patógeno que desde hace mucho tiempo está disponible en el mercado como insecticida microbiano, no esporula fácilmente en medios bacteriológicos; sin embargo, puede ser producido en forma masiva en su insecto huésped.

Se han expedido varias licencias para la producción del material y el insecticida sale al mercado bajo los nombres de "Japonex, Japidemic", y Doom milky Disease Spores.

Una gran cantidad de gallina ciega de *Popillia japonica* se ha usado en la producción de este insecticida microbial. White y McCabe (2) reportaron que solamente durante 1942 se usaron alrededor de quinientas mil gallinas ciegas del escarabajo japonés para producir alrededor de seis mil kilos de una mezcla de talco y esporas de *Bacillus popilliae* estandarizados para contener cien millones de esporas por gramo.

En las enfermedades lechosas la importancia de elevadas poblaciones de gallinas ciegas para una diseminación rápida de la enfermedad y un potencial alto de inóculo de esporas también favorece la dispersión de las enfermedades. Sin embargo, un potencial alto de gallinas ciegas, puede compensar un potencial bajo de inóculo y por lo tanto un potencial alto de inóculo puede compensar una población baja, para dar por resultado una incidencia alta de las enfermedades lechosas.

Enfermedad lechosa tipo B

La enfermedad lechosa tipo B es causada por *Bacillus lentimorbus*, un bacilo gram positivo cuyo esporangio, en forma de aguja, no contiene un cuerpo refráctil como el del *Bacillus popilliae*.

Las gallinas ciegas del escarabajo japonés infectadas con *Bacillus lentimorbus* son difíciles de distinguir de aquellas infectadas con la enfermedad lechosa tipo A hasta que las larvas han invernado. Es entonces cuando una larva infectada con el tipo B asume un color café sucio en lugar de uno blanco lechoso.

Los intentos para cultivar *Bacillus lentimorbus* en medios artificiales han fallado, es por ello que la información acerca de esta enfermedad es reducida.

Patogenia. Es similar a la del tipo A, con excepción de que *Bacillus lentimorbus*, además de invadir la sangre, llega a otros tejidos. También forma coágulos de sangre de color café o negro, que bloquean la circulación de la hemolinfa al acumularse en los apéndices del insecto.

Patología. Similar a la ocasionada por *Bacillus popilliae* en la enfermedad lechosa tipo B.

Enfermedades causadas por bacterias formadores de esporas cristalíferas

Las bacterias más importantes e interesantes usadas en el combate biológico de los insectos son aquellas que cuando esporulan forman cristales, los cuales están formados por sustancias de naturaleza protéica, y que resultan sumamente tóxicos para ciertos insectos.

Heimpel y Angus (15), clasificaron a las bacterias formadoras de cristales en *Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus entomocidus* var *entomocidus* y *Bacillus entomocidus* var *subtoxicus* y *Bacillus finitimus*. En Rusia Talalev (15) aisló del gusano de seda siberiano *Dendrolimus sibericus* Tshetv, una bacteria formadora de esporas y la llamó *Bacillus dendrolimus*. Se ha encontrado, sin embargo, que este bacilo está relacionado estrechamente con *Bacillus thuringiensis*.

Los grupos de patógenos más ampliamente estudiados son *Bacillus cereus* y *Bacillus thuringiensis*, siendo *Bacillus thuringiensis* similar en muchos aspectos *Bacillus cereus*, se diferencian principalmente por su patogenicidad para ciertos insectos.

Los estudios sobre su modo de acción han mostrado que estas bacterias pro-

ducen por lo menos cuatro sustancias tóxicas contra los insectos.

Estas sustancias son:

- (1). Un proteinato cristalino, cuerpo paraesporal, capaz de paralizar el intestino de muchas larvas.
- (2). Una pequeña molécula dializable, estable y soluble, producida fuera de la célula bacteriana, en el medio que la rodea y que afecta larvas y pupas de *Diptera* y aparentemente mata algunos lepidópteros.
- (3). Fosfolipasa C, una enzima que es producida por la célula en crecimiento y rompe fosfolípidos esenciales en las células del insecto.
- (4). Otra fosfolipasa no identificada que afecta a los lípidos liberando probablemente los ácidos grasos de la molécula.

(1) Proteinato cristalino o Endotoxina

a). Características del cristal.

El cristal o cuerpo parasporal o paraesporal, es formado por el bacilo al mismo tiempo que forma la espora. Generalmente tiene forma de diamante, usualmente es un octaedro con caras tetragonales, pero en algunas especies tiene forma de romboide o cuboide; por lo general cada esporangio contiene un cristal, el cual está separado de la pared celular con la espora y parece persistir indefinidamente. Figura 3

Es de naturaleza protéica, tiene más de un 17% de nitrógeno y cuando menos 17 aminoácidos, pero no tiene fósforo. Se tiñe fácilmente con colorantes biológicos y con facilidad se observa con tinciones negativas o por medio de microscopio de contraste fases.

Patogenia y patología. La endotoxina constituye un elemento importante de la toxicidad. Su absorción provoca la destrucción del epitelio medio, así como parálisis de los músculos de la misma región.

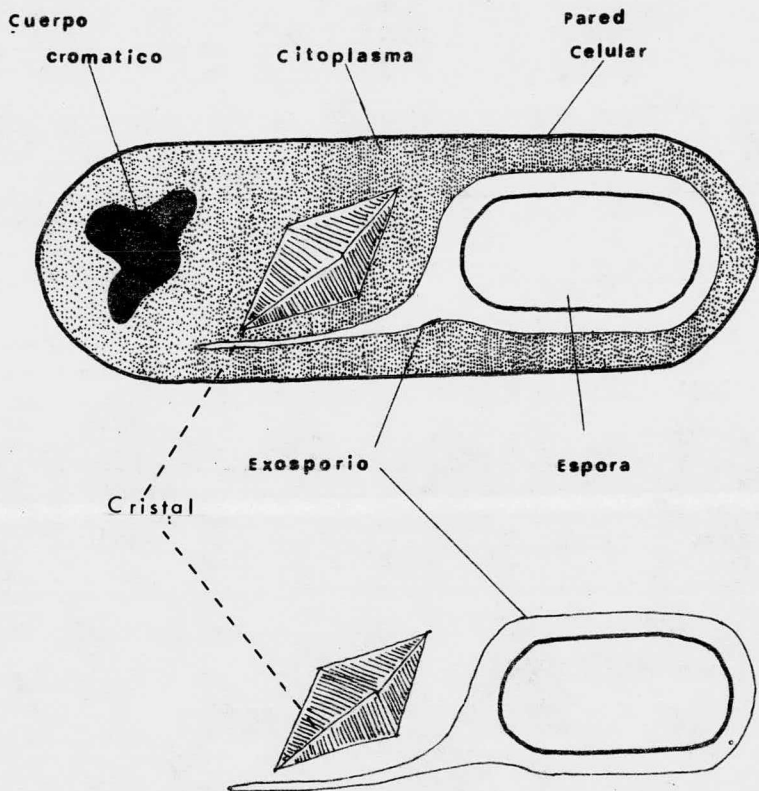


FIGURA 7

Las investigaciones histopatológicas emprendidas sobre este tema por Lecadet y Martoulet atribuyen gran importancia a las modificaciones del pH que ocurren en la hemolinfa y el medio digestivo después de ingerir la toxina cristalina.

Dependiendo del insecto, parece que hay por lo menos tres formas diferentes de acción por las cuales la bacteria cristalífera puede matar al insecto huésped. Las diferencias entre estas formas fueron aclaradas en el trabajo de Heimpel y Angus (11) quienes las designaron como tipos I, II y III.

Tipo I. A los pocos minutos (5-20 min) después de la ingestión del bacilo esporulado, hay una parálisis del intestino medio, a esto sigue, entre 1 y 7 horas después, una parálisis general en todo el insecto, la parálisis general va acompañada por un incremento del pH de 1.0 a 1.5 unidades con respecto al normal; el cambio de pH es causado por la sección del epitelio del intestino medio en contra de la toxina producida por la bacteria.

El incremento de pH va seguido del desarrollo de esporas germinadas y se va desarrollando la septicemia. El aumento de pH también se debe a una filtración del material alcalino del intestino a la sangre. Este modo de acción se ha visto en los insectos tales como *Bombyx*, *Propoarce* y *Antheraea*.

Fast y Angus (20) demostraron, por su parte, que la cantidad de glúcidos marcados con C-14 que transitan por la pared intestinal disminuye tras la absorción del cristal, dichos investigadores emitieron la hipótesis de que las lesiones ocasionadas en las membranas celulares trastornan toda la actividad de la célula.

Louloudes y Heimpel (16), por medio de datos histopatológicos reunidos, confirmaron las observaciones de Heimpel y Angus (15); ellos encontraron que las células anteriores y medias del intestino se separaron de la membrana basal a los

30 y 40 minutos después de la ingestión de la toxina. Las células quedaron completamente libres de la membrana basal entre los 40 y 50 minutos, tiempo en el cual se vieron pequeños vestigios de las sustancias cementantes de las células. Después de 55 minutos las células se rompieron y desintegraron; entre los 40 y 90 minutos después de la ingestión de la toxina, la única barrera entre el lumen del intestino y el hemocelo era la membrana basal. En resumen, Louloudes y Heimpel sugieren que la membrana celular es la primera estructura alterada y que este efecto es seguido por un rompimiento completo en el metabolismo intracelular que termina en la muerte de la célula, lo cual se refleja primeramente por el cese de alimentación (20 minutos), posteriormente por cambios en la membrana basal que permiten un incremento en el flujo del ión carbonato y de otras substancias desde el intestino hacia la sangre, lo cual explica los cambios observados en el pH y la parálisis total.

Tipo II. En el tipo II los insectos no presentan incremento de pH, pero hay parálisis en el intestino y el insecto muere a los dos o cuatro días después por parálisis general. Al ir cayendo el pH se presenta una parálisis parcial del intestino y el insecto deja de alimentarse, permitiendo la multiplicación y germinación de la bacteria, el insecto muere en un tiempo más corto que el que se requiere para morir por inanición y el crecimiento de la bacteria apresura la muerte.

Tipo III. Sólo se conoce en un insecto, *Anagsta kihniella*, el cual muere a los dos o cuatro días después de la ingestión de la bacteria, con los síntomas de parálisis general. En este caso, el insecto muere exclusivamente por la acción de la toxina, es decir, las células vegetativas no se reproducen tan intensamente como para acompañar la muerte por septicemia.

Angus encontró que mientras la proteína tóxica causa la parálisis por ingestión, ésta no tenía efecto cuando se inyectaba en el cuerpo. El cristal es

soluble en soluciones alcalinas.

La morfología de la inclusión paraesporal es motivo de investigaciones con microscopio electrónico y rayos X. La persistencia del cristal está indicada por el hecho de que las preparaciones de esporas secas de *Bacillus thuringiensis* var *thuringiensis* pueden retener su habilidad para matar a los insectos susceptibles por cerca de diez años Steinhaus (24).

Ha sido demostrada la toxicidad del cristal para ciertos lepidópteros, sin embargo, hay algunas discrepancias sobre el papel que juega el bacilo en el curso de la infección. Es probable que, si bien el cristal es el principio tóxico activo responsable de la parálisis y otros síntomas del hospedero susceptible, en muchos casos el bacilo invade los tejidos y la cavidad del cuerpo acelerando el proceso letal.

La toxicidad para los insectos de diferentes especies está estrechamente relacionada con las diferentes variedades de bacterias cristalíferas. Continuamente está aumentando el número de insectos hospederos susceptibles a estas bacterias. La mayoría de las especies susceptibles son lepidópteros, pero ciertos dípteros, himenópteros y coleópteros pueden ser susceptibles cuando reciben grandes dosis de esporas. Entre las especies más susceptibles que se conocen están aquellas que pertenecen a los géneros *Bombyx*, *Anagasta*, *Colias*, *Pieris*, *Hyphantria*, *Thaumetopaea*, *Protoparce*, *Plodia* y *Plutella*. Se ha encontrado que no son susceptibles otros invertebrados así como vertebrados y plantas vivas. El uso de estas bacterias en el combate biológico es muy extenso.

Las pruebas realizadas con el fin de descartar una posible patogenicidad para los mamíferos, incluyendo al hombre, se han realizado en perros, ratas, ratones, conejos, caballos, cerdos y ovejas.

Bacillus thuringiensis var *thuringiensis* ha sido ampliamente estudiado y su relación de patogenicidad para con el hombre ha demostrado que la ingestión de estas bacterias no causa ningún efecto.

Fisher y Rosner (24) administraron por ingestión una dosis de 1 gramo de polvo insecticida (3.10^9 esporas/gramo) a ochenta personas, durante cinco días. Al final del experimento y durante el periodo de duración, se realizaron exámenes intensivos para identificar alguna posible alteración en el organismo debido a la ingestión por esporas, el resultado fue negativo.

Al mismo tiempo se realizó una prueba por inhalación de esporas, el resultado también fue negativo.

Un examen posterior que se realizó a las 4 y cinco semanas, demostró que los individuos no presentaron alteración alguna.

Entre las aves se incluyen a los patos y a las gallinas (Krieg (24)).

(2) Toxina termoestable o exotoxina

El segundo elemento tóxico que en lo práctico confiere interés a estas bacterias es la toxina termoestable; es una substancia soluble en agua, dializable, diferente al cristal y a la lecitinasas, tóxica para los insectos cuando se les inyecta.

La toxina termoestable se obtiene de cultivos en caldo después de ocho horas de incubación a 30° , y para obtener una máxima concentración se requiere de 24 horas. Aparentemente la producción de esta toxina no está asociada con la esporulación.

La toxina termoestable sólo es efectiva en la sangre de aquellos insectos que son susceptibles a *Bacillus cereus*.

Su presencia reviste significado taxonómico, puesto que no todas las cepas la producen. Este hecho constituye un carácter diferencial interesante.

La toxina termoestable ha sido hallada por Hall y Arakahua (II) al trabajar en las larvas de la mosca doméstica; las primeras investigaciones emprendidas sobre el tema en Estados Unidos, trataron únicamente a los insectos dípteros, en especial los parásitos del hombre o de animales de sangre caliente, de forma que la toxina se denominó en un principio "Fly-Factor".

Sin embargo muy pronto los trabajos de investigadores franceses permitieron ampliar el espectro de actividad de la sustancia que no aparece de manera tan específica como la precedente.

El efecto de la toxina se extiende a Dípteros, Lepidópteros, Himenópteros, Coleópteros y Otópteros. Asimismo puede abarcar a ciertos gusanos nemátodos, parásitos del ganado (Gevrey y Euzeby (II)).

Patología y Patogenia. Los efectos de esta toxina se manifiestan con cierta tardanza. Se exteriorizan a menudo en el momento de la muda; cuando se emplean dosis simplemente subletales ocasionan malformaciones en la pupa, la ninfa o el adulto.

En un reciente estudio, Bujerjon y Biache (II) demostraron los síntomas teratológicos en *Pieris brassicae* y encontraron que afectan sobre todo el aparato bucal y las patas. La duración de la vida de los adultos incapaces de alimentarse es por lo tanto reducida, la frecuencia de los acoplamientos y la fecundidad de las hembras experimenta una considerable baja.

Esta intervención de la toxina en el momento de la muda puede dar a pensar que esta sustancia perturba el desarrollo de los mecanismos hormonales, desempeñando el papel de un compuesto hormono-mimético.

Los investigadores americanos, franceses y suizos tratan de analizar la estructura química de este compuesto. De Barjac y Bendonder (11) aislaron un nucleótido compuesto de adenina, ribosa y fosfato. El aislamiento de la toxina no ha alcanzado todavía su punto final.

(3) Fosfolipasa C

Toumanoff y Vago (11) en 1953, establecieron que los cultivos jóvenes (compuestos principalmente de células vegetativas) son capaces de matar algunas larvas del gusano de seda cuando se les alimentaba con los cultivos. Vanková reportó un 90% de mortalidad de *E. phacorrhæa* ocho días después de alimentarla con células vegetativas de *Bacillus thuringiensis var thuringiensis*, esto hizo pensar en la posible existencia de otras sustancias tóxicas producidas por ciertas cepas de esta bacteria. Toumanoff reportó un estudio de la fosfolipasa C, lecitinasa D, producida por varios miembros del género *Bacillus*, el cual confirmó la idea establecida por Colmer de que sólo las bacterias del grupo *Bacillus cereus* producen fosfolipasa C. Chu señaló la semejanza de la fosfolipasa de *Bacillus cereus* con la alfa toxina producida por *Clostridium perfringens*. (ver tabla 2) y concluyó que no se debe excluir que la producción de lecitinasa juega un papel importante en los efectos tóxicos de este bacilo del grupo *cereus* sobre los insectos. Toumanoff (15) encontró que los filtrados de caldo de *Bacillus thuringiensis var lesti* fueron prácticamente inocuos por ingestión a las polillas de cera.

Sin embargo, cuando precipitó las proteínas del filtrado del cultivo en caldo con sulfato de amonio, encontró que el precipitado fue tóxico por ingestión.

Concluyó que este precipitado que contiene la fosfolipasa contribuía a la acción tóxica de *Bacillus thuringiensis var lesti*.

Tabla 2

Comparación de las lecitinasas del *Bacillus cereus*^a con la alfa toxina producida por *Clostridium perfringens*^b.

	a	b
Requerimiento de Calcio	+	+
pH óptimo	6.8-7.2	7,0-7.6
Termoestabilidad %		
60°C por 10 min	82	87
Ebullición por 10 min	32	45
Resistencia a la oxidación	<u>+</u>	+
Inactivación por formalina	<u>+</u>	+
Precipitación con (NH ₄) ₂ SO ₄	+	+
Inhibición por la proteínas:		
Normales del suero	+	-
Actividad biológica		
Actividad hemolítica	+	+
Inhibición de la hemólisis por:		
suero normal	+	-
Efectos/dermonecróticos		
En cerdos de guinea	+	+
Toxicidad para el ratón	<u>+</u>	++

Al mismo tiempo Heimpel demostró que las cepas de *Bacillus cereus* que producen una gran cantidad de fosfolipasa C son más virulentas para las larvas de *Pristiphora crichsonii* que las que producen menor cantidad.

Estos experimentos fueron confirmados por Kushner y Heimpel. Se encontró que otras especies del género *Bacillus* no producen esta lecitinasa y no son virulentas para este insecto. Heimpel demostró que *Bacillus thuringiensis* produce fosfolipasa C aproximadamente en la misma cantidad que las cepas patógenas de *Bacillus cereus* y luego estableció que todas las bacterias cristalíferas, con excepción de *Bacillus entomocidus* var *entomocidus* y *Bacillus entomocidus* var *subtoxicus* producen fosfolipasa C en cantidades relativamente altas. Demostró que *Pristiphora crichsonii* tiene un pH relativamente alto en el intestino medio (pH 7 a 8.4) lo cual no solamente permite un buen crecimiento de *Bacillus cereus*, sino también una buena actividad de la fosfolipasa que actúa en un rango entre 6.8 y 7.4.

El señaló que la mayor parte de los lepidópteros son inmunes a *Bacillus cereus* porque se restringe su crecimiento debido al alto pH que existe en el intestino medio de estos insectos y señala que la situación de tensión que se presenta por hambre, baja lentamente el pH del insecto y permite un buen crecimiento de *Bacillus cereus* y coincide la producción de fosfolipasa C. Un escritor reciente de Bonnefoi y Beguin (15), confirmó este resultado y demostró que la situación de tensión es capaz de aumentar la susceptibilidad a la enfermedad en los insectos.

Se encontró que durante el crecimiento de las células de las bacterias cristalíferas producen un enzima tóxica, la fosfolipasa C capaz de romper las lecitinas de los insectos.

Si en el intestino de los lepidópteros los cambios de pH son posibles,

esta fosfolipasa dañará posiblemente al insecto.

(4) Fosfolipasa no identificada.

Hasta la fecha las investigaciones acerca de esta fosfolipasa no se han aclarado, por lo cual la información es escasa.

1.- Patógenos obligados. Los patógenos obligados necesitan condiciones especiales de crecimiento y reproducción, se pueden cultivar *in vitro* pero con mucha dificultad, crecen y se multiplican dentro de los cuerpos de los insectos causando enfermedades específicas en ciertos grupos de insectos.

Las bacterias son transmitidas de insecto a insecto, pero para que las bacterias sobrevivan necesitan formar esporas y de estas bacterias sólo se conoce una que causa enfermedad en dos insectos.

Salonobia triquetrella.- Es un bacilo móvil, gram negativo, anaerobio, facultativo, que se multiplica únicamente dentro de las células del intestino medio. La bacteria invade las células epiteliales, se multiplica en el citoplasma hasta que la célula estalla y las bacterias liberadas invaden a otras células, las larvas infectadas son pequeñas y se tornan blancas y opacas y mueren en pocas semanas.

Algunas larvas infectadas pueden volverse pupas y el epitelio puede ser regenerado de una nueva infección por medio de la formación de una membrana peritópica que es impermeable a la bacteria.

La infección por esta bacteria es rara, debido a que las células bacterianas mueren por desecación o insolación y por lo tanto una producción masiva de la bacteria para usarlo como insecticida necesita un estudio más profundo, debido a que se debe buscar un agente que proteja a la bacteria de la acción del medio ambiente.

2.- Patógenos facultativos. Tienen varias formas de invasión y dañan el tejido del huésped por crecimiento masivo.

No requiere condiciones especiales de crecimiento y multiplicación y no tienen especificidad por algún insecto en particular entre estos microorganismos el más conocido es *Serratia marcescens* que se multiplica en el intestino de los insectos y a partir de ahí por medio del hemocele invade otros tejidos.

Serratia marcescens. Sus colonias son rojo brillante en agar e imparte un color rojo al caldo donde se cultiva, por lo tanto es fácil de identificar aunque en algunas ocasiones se pueden encontrar colonias incoloras.

Es gram negativa, móvil, no produce gas por fermentación de carbohidratos, licúa la gelatina e hidroliza la caseína, no sintetiza citocromo oxidasa ni arginina deshidrolasa y se ha aislado de muchos insectos.

La bacteria se multiplica extracelularmente en la sangre y en la cavidad del cuerpo del insecto, produce septicemia generalizada que mata rápidamente al insecto entre 1 y 3 días.

Cuando la bacteria se inyecta directamente en el hemocele, mueren el noventa por ciento de los insectos. No se presentan síntomas característicos, el insecto muere y suele presentar coloración roja o rosa, aunque esto no significa que la muerte la ocasionó *Serratia marcescens*. La bacteria invade la sangre y los tejidos y se multiplica aún después de muerto el insecto, lo que produce una gran desorganización y putrefacción del contenido corporal.

La dosis media letal varía según la especie y es difícil determinarla debido a la gran variedad de insectos y la diferente susceptibilidad de cada uno.

La invasión de la bacteria se facilita por la producción de enzimas y toxinas que permiten el paso al hemocele.

Serratia marcescens ha causado numerosas enfermedades en el campo y en el laboratorio, pero no ha habido ningún reporte de epizootias.

3.- Patógenos potenciales. Los patógenos potenciales raramente causan enfermedades en los insectos, y por lo tanto en el campo es raro encontrarlos, la infección en el laboratorio se inicia por medio de inyección del patógeno en el insecto, y posteriormente por contaminación de alimentos. En el campo la contaminación es casual debido a que no resisten la desecación o la insolación; los microorganismos patógenos potenciales sólo ocasionan septicemia, no invaden tejidos.

Entre los patógenos potenciales se encuentra *Pseudomonas aeruginosa* y algunas enterobacterias.

4.- Patógenos de estado dudoso. Son bacterias asociadas con enfermedades de insectos pero que se han encontrado por casualidad y la enfermedad no ha sido demostrada experimentalmente.

Entre ellas encontramos bacterias que causan la muerte del insecto por medio de una invasión masiva causada por inyección del microorganismo, pero la multiplicación ocurre sólo después de muerto el insecto y por lo tanto se piensa que la producción es causada por la producción de enzimas y toxinas. Un ejemplo de ellas es *Streptococcus faecalis*.

También tenemos bacterias que causan la mortalidad cuando son administradas como alimento, el medio ambiente que proporciona el intestino del insecto favorece el crecimiento del microorganismo y por lo tanto empiezan a causar disturbios fisiológicos que causan la muerte; en general la muerte del insecto se ve acompañada por condiciones tales como falta de alimento; temperatura y

y humedad fuera de los límites normales.

Bacterias epibiontes. Son otro grupo de bacterias que causan daño a los insectos, sin embargo estas no le causan ninguna enfermedad, en este caso la bacteria crece y se desarrolla sobre la cutícula del insecto y hace que éste sea más susceptible al ataque de hongos y protozoarios.

VI Diagnóstico de insectos enfermos.

La distinción entre un insecto enfermo y otro, puede ser determinada a diferentes niveles o en diferentes formas. Un diagnóstico puede estar basado en los síntomas manifiestados por la enfermedad durante la vida del insecto, en los cambios que ocurren después de su muerte, en la información obtenida al examinar en el laboratorio los fluidos del cuerpo, tejidos o secreciones del insecto. Un diagnóstico involucra tres de estos procedimientos:

- a) Un diagnóstico diferencial, por el cual una de dos o más enfermedades son identificadas por sus síntomas.
- b) Cambios *post mortem*.
- c) Resultados encontrados en el laboratorio.

En cualquier caso el diagnóstico de un insecto enfermo y la identificación del agente causal constituye una parte importante de la patología de los insectos

Epizootiología de las enfermedades de insectos.

La epizootiología es la ciencia relacionada con la dinámica de las enfermedades, involucra a poblaciones animales tanto en tiempo como en espacio. El progreso de un mal o la mortalidad debido a una enfermedad es expresada en tiempo algunas veces en forma de epizootias.

Cuando una enfermedad se encuentra continuamente presente pero a una incidencia baja es denominada enzoótica.

Una enfermedad puede oscilar entre fases enzoóticas y epizooticas dependiendo de la relación entre la población del huésped, la población del patógeno y el medio ambiente.

Una de las metas más importantes de la patología de insectos es la determinación de principios que gobiernen las epizootias de las enfermedades infecciosas en las poblaciones de insectos. Estos principios pueden ser:

- 1.- Las enfermedades epizooticas se pueden utilizar para el control de insectos-plaga.
- 2.- Las enfermedades de los insectos benéficos pueden ser combatidas.
- 3.- El patólogo de insectos puede ser capaz de predecir la manera en que las enfermedades pueden regular la población de los insectos.

Tres factores principales tienen que ver en una epizootia.

- 1.- El patógeno o agente infeccioso
- 2.- Los huéspedes susceptibles dentro de la población
- 3.- Medios eficientes de transmisión de los patógenos a los huéspedes. Estos factores se ven afectados por el medio ambiente físico y el biótico.

VII. Enfermedades Fúngicas.

Muchos intentos han sido hechos para usar hongos en el combate a insectos. Las observaciones de poblaciones de insectos durante muchos años han demostrado que los hongos son importantes patógenos efectivos de insectos en la naturaleza; como quiera que sea, los hongos dependen en un alto grado de las condiciones lo cales del tiempo y del microambiente en que se desarrolla el insecto.

La mayoría de los estudios han reducido a ciertos hongos encontrados en escamas y mosquitas blancas; los llamados hongos muscardinos blancos y verdes, y unos pocos Entomophthorales.

Muchos de los hongos asociados con los insectos no son verdaderos patógenos, o son patógenos sólo bajo ciertas condiciones oportunistas. Se pueden encontrar hongos saprófitos en insectos que han muerto por otra causa. Algunos hongos que están asociados con insectos son parásitos no letales; ejm: el orden Laboulbeniales (Ascomycetes), está compuesto de especies que viven principalmente en la superficie externa de los insectos. El género Septobasidium (Basidiomycetes) consiste en especies que se asocian con escamas, de las cuales algunas son parasitadas, viven bajo el estroma del hongo. Algunos hongos como *ambrosia* de ciertas termitas y barrenadores de madera, son mutualistas en sus relaciones con los insectos.

Modo de Infección.

La mayoría de los hongos que infectan a sus insectos hospederos no lo hacen por ingestión, sino que penetran en la cavidad del cuerpo a través del integromento. Esto se logra bajo condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

Una vez que el hongo ha penetrado a la cavidad del cuerpo del insecto, prolifera e invade los tejidos, llenándose el cuerpo con una gran cantidad de hifas

En muchos casos el hongo emite sus conidióforos al exterior, donde se desarrollan los cuerpos fructíferos, capacitando al organismo para hacer contacto con nuevos huéspedes.

El insecto infectado generalmente se seca adquiriendo un aspecto momificado, que frecuentemente se cubre con conidios, y algunas veces contiene esporas en reposo que capacitan al hongo para sobrevivir bajo condiciones adversas del medio ambiente o en ausencia del huésped.

Es importante el conocimiento del desarrollo y fisiología de los hongos entomógenos para poder usarlos con éxito en el control microbiano de los insectos dañinos.

Dentro de los hongos infecciosos más importantes encontramos a los siguientes órdenes:

- 1). Entomophthorales
- 2). Blastocladales
- 3). *Cordyceps*.
- 4). Ascomycetes

Enfermedades muscardinas

o trasmicosis

a). Infecciones causadas por Entomophthorales.

Morfología y desarrollo

1). Fase Vegetativa.

Micelio. La fase vegetativa de todas las especies de Entomophthorales se presenta dentro del cuerpo de los insectos vivos.

Con algunas especies el micelio permanece madurando como un tallo filamentosos, cenocítico, ramificado, pero de 13 micras de diámetro (Thaxter, et al (31) 1888. Hay una tendencia de las hifas a estar limitadas en desarrollo y a separarse pronto en sus componentes celulares (Fitz-Patrick, et al (31) 1930. Este desarrollo dentro de los cuerpos hifales, los cuales son cortos, multinucleados, fuertes, de tamaño y forma variable, contienen glóbulos prominentes de grasa. Ellos rápidamente aumentan en número por gemación y más o menos llenan el hemocelo del insecto.

Rhizoides. Cuando los huéspedes enferman y mueren, las hifas son proyectadas hacia afuera de la superficie ventral del cuerpo firmemente unido al sustrato. Estos son rizoides terminales y de acuerdo a Thaxter (31), tal vez sean ramificaciones simples o complejas.

La parte final de cada rizoide termina en un tipo de garfio que aparentemente secreta una sustancia viscosa. Los rizoides sólo se presentan en algunas especies.

Paraphyses o Cystidia. Ocasionalmente las hifas estériles salen después de la capa de conidióforos. Estas han sido denominadas paraphyses por algunos autores y cystidia por otros.

Fase Reproductiva.

a). Desarrollo Asexual. Con algunos Phycomycetes la reproducción asexual tiene lugar con la producción de esporangiosporas. Estas esporas se forman en el ápice del esporangióforo. Convirtiéndose en conidiosporangios que tomaron la función de conidios y fueron proyectados violentamente desde el conidio esporangioforo. Gauman y Dodge (31) 1928; Wolf y Wolf (31) 1947.

Conidiosporas. Después de la muerte del insecto los conidióforos crecen fuera de los cuerpos hifales y emergen sobre las porciones menos resistentes del exoesqueleto. Esos conidióforos, crecen como masas en racimos o capas definidas sobre los ojos de los insectos.

Frecuentemente hay variación considerable en la apariencia de los conidióforos, dependiendo de la especie del hongo involucrado y de las condiciones bajo las cuales se desarrollen. Su color es generalmente blanco, pero puede variar a tonos de gris, café o verde.

Los conidióforos pueden ser simples o no ramificados., *E. muscae*, que al crecer extremadamente en forma tan extensa formen una capa continua que cubra el cuerpo entero del insecto (*Entomophothora sciarae Olive*)

En cada caso el crecimiento de los conidióforos tiene lugar muy rápidamente, bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, y pueden asumir características externas que aparecen en pocas horas.

Conidia. Los conidios descritos por Fitzpatrick (34) citado por Steinhaus (34) 1930, están formados como un brote en el ápice de la terminación de los conidióforos. En estas especies (*E. muscae*) con conidióforos no ramificados estos crecen su curso hacia el conidio en los núcleos de las células vegetativas. En cuanto al protoplasma del conidióforo pasa a ser conidio crece hasta alcan-

zar su tamaño y forma adultos; entonces es separado del conidióforo por un tabique transversal (Septum). Cuando el conidio está completamente desarrollado absorbe rápidamente agua. La presión osmótica ejercida es mayor en el conidióforo y el tabique es empujado hacia el conidio.

Más tarde, cuando el contenido del conidio se vuelve más denso, ejerce la mayor presión y la columna es empujada con fuerza dentro del conidióforo invirtiendo entonces su posición. Finalmente la presión ejercida es tan grande que el exterior de las dos paredes que contienen el conidio se rompe en un círculo empujado por su base, y el conidio es proyectado violentamente y arrastrado por el aire a una distancia considerable.

El conidio proyectado bajo condiciones ambientales forma la aureola que se observa frecuentemente alrededor de los insectos infectados por especies de este género.

Los conidios son unicelulares, estructuras de pared delgada, conteniendo un protoplasma granular denso, con uno o más núcleos y con un gran glóbulo de grasa, generalmente son hialinos y raramente presentan color.

Las paredes de los conidios son lisas y poseen una capacidad para adherirse sobre cualquier superficie en la que caigan.

La porción basal de la espora es siempre más o menos proyectada, y origina de la célula madre en la que se distingue por la formación de un anillo.

Los conidios son de diferentes tamaños y formas, variando considerablemente en la misma especie, por ejemplo: *Entomophthora aphidis* Hoffman (MacLeod (31) 1955).

Si el conidio se pone en contacto con un huésped propicio después de la proyección, envía un tubo germinal que penetra en el integumento externo.

En medio líquido se forman uno o más tubos germinales. Mientras los tubos germinales se alargan, el protoplasma queda en donde se origina el crecimiento de los tubos; y a intervalos se forman tabiques que separan los tubos de su origen; este tipo de crecimiento continúa hasta que el protoplasma desaparece.

Clamidosporas. Bajo condiciones desfavorables del medio ambiente, pequeñas porciones de hifas en algunas especies de *Entomophthora*, se contraen y secretan una membrana externa de espesor variable, las hifas entran en un período de reposo en forma de esporas secundarias y a estas frecuentemente se las llama clamidosporas.

Son esencialmente células vegetativas con paredes gruesas que germinan al encontrar condiciones favorables para formar tubos germinales.

Desarrollo Sexual.

Los cuerpos hifales que producen conidióforos y conidios, también tienen la capacidad de reproducirse por fusión sexual.

La reproducción sexual ocurre a través de la unión de dos cuerpos hifales específicos para formar zigosporas; estas células hifales que se unen para formar zigosporas deben considerarse como un gametangio, o sea el órgano donde se reproducen los gametos, el cual en vez de formar gametos adquiere la función de éstos y con su función forma una especie de gameto, multinuclear.

Zigosporas. La especie *Entomophthora* forma zigosporas por diferentes vías.

Entomophthora americana Thaxter forma zigosporas por dos métodos:

- 1) Dos cuerpos hifales se unen en un punto.
- 2) La fusión de los dos cuerpos hifales es lateral, forma que se compara con una H cuya barra horizontal es muy corta.

La zigospora joven, en el segundo método, generalmente germina de una de las células en un lugar lejano del punto de fusión.

Las condiciones citológicas en la zigospora joven, de acuerdo a su desarrollo, son básicamente las mismas.

Un brote crece de una de las células conjugadas en el punto de unión o en la rama de copulación. Este crecimiento del brote, bajo la presión del protoplasma, continúa aumentando su tamaño hasta que su desarrollo es completo.

Cuando el contenido de los cuerpos hifales ha pasado a este brote se separan por medio de un tabique o pared.

Entonces la célula hija pasa a constituir un cuerpo esférico, rodeado por una membrana delgada que posteriormente constituirá una triple membrana o pared que alcanza hasta las tres micras.

Azigosporas. El proceso más simple mediante el cual las azigosporas se forman, es aquél en que el cuerpo hifal se reúne y se cubre una pared delgada. Las azigosporas se asemejan a las zigosporas en que también forman un multinúcleo.

Infecciones causadas por Entomophthorales.

Este orden incluye el grupo más importante de hongos entomógenos de clase Phycomycetes, aunque tales hongos también se encuentran en los órdenes Mucorales, Blastocladales, y Chytridiales. La mayoría de los autores reconoce que la familia Entomophthoraceae está compuesta de varios géneros como: *Empusa*, *Entomophthora*, y *Masospora*, todos formados por especies entomógenas. Ha habido alguna confusión en el uso de los nombres de los dos primeros géneros.

El nombre *Empusa* se ha usado ampliamente desde que fue propuesto por Cohn (24) en 1885, para denominar un hongo parásito *Empusa muscae* Cohn, que ataca a

a la mosca doméstica. No ha sido aceptado por varios escritores, debido a su uso para un género de orquídeas. Thaxter, máxima autoridad en este grupo, consideró este nombre como aceptable.

Por estudios hechos en el laboratorio de Entomología y Plantas observables en Cuarentena, de Oregon, E.E.U.U. en 1948, se encontró que la larva del gorgojo de la hoja del treébol, es atacada por el hongo *Empusa* (*Entomophthora*) *sphaerosperma* (Fres), de esta manera se evitó que causara daños apreciables a los diferentes tipos de trébol y alfalfa.

Conforme a la descripción de Thaxter, (24) 1888, *Empusa aphidis* y *Macrosiphu pisi* (Ktlb), destruyeron un número considerable de áfidos del guisante.

Se encontró otra especie que fue denominada *Empusa thaxteriana* y junto con *Empusa aphidis* se trató de controlar la infección producida por los áfidos del guisante; *Empusa aphidis* predominó y sólo se produjeron unas pocas esporas de *Empusa thaxteriana*.

Empusa aphidis fijó a sus víctimas a la planta, generalmente cerca del borde de ésta, por medio de rizoides. Sin embargo *Empusa thaxteriana* no produjo rizoides, en consecuencia de lo cual las víctimas cayeron al pasto. La importancia de *Empusa thaxteriana* quizá no fue estimada cuando las dos especies estuvieron presentes, pero se pensó que el hongo más efectivo sobre los áfidos del guisante era *Empusa aphidis*.

Empusa thaxteriana se adaptó mejor para sobrevivir en las regiones semiáridas, donde la humedad de la noche es baja.

Ninguna de ambas especies fue efectiva para actuar como represor de las poblaciones de áfidos sobre guisantes en el área Noroeste del Pacífico.

Empusa virescens es otra especie de hongos que infecta a larvas de noctuidos, ciempiés. Se encontraron poblaciones de saltamontes en el borde de las plantas debido a los hongos *Melanaplus femurrubrum* (De Geer) y *M. mexicanus* (Saus).

Las esporas de *Empusa grylli* se encontraron sobre langostas muertas. Pero cuando se les colocó en medios de cultivo no se logró que germinaran.

Empusa mucae Cohn destruyó dípteros en los campos del oeste de Oregon, E.E.U.U.

La mayoría de los estudios realizados, como se puede observar, se hicieron con *Empusa aphidis* como enemigo natural de los áfidos del guisante.

Los áfidos en los estados tempranos de infección se movieron hacia el borde de la hoja en las plantas huéspedes. Los áfidos por los rizoides fúngicos a las hojas. Cuando la humedad fue de un 90% o más, las esporas producidas emergieron de la hifa a través del integumento de los áfidos y se diseminaron.

Cuando la humedad estuvo abajo de un 60%, las esporas no emergieron.

Los hongos pudieron sobrevivir en los áfidos, bajo condiciones de sequedad, hasta por tres semanas. Esto explica que los hongos persistieran bajo períodos de sequía en los campos.

Empusa aphidis pudo ser separado de *Empusa thaxteriana* antes de la producción de esporas en los áfidos, tomando en cuenta las características de las hifas.

Las hifas de *Empusa aphidis* fueron largas, delgadas y en los estados tempranos mostraron un núcleo bien definido. Dentro de cada conidio sólo se encontró un núcleo.

Las hifas de *Empusa thaxteriana* fueron cortas, fuertes, e inclinadas; los núcleos estuvieron ocultos en el protoplasma granular. Las conidias de *Empusa thaxteriana* fueron proyectadas en mayor cantidad que en *Empusa aphidis*.

Las esporas de *Empusa thaxteriana* se observaron en procesos de desarrollo en áfidos. Fue posible cultivar artificialmente a estos hongos.

De los estudios realizados en los Laboratorios de Oregon, EE.UU. se concluyó que los hongos de la familia Entomophthoraceae perdieron su virulencia después de un corto periodo de cultivo en medios artificiales.

Hall y Dunn (24) en 1957, pensaron que debería cambiarse el nombre de *Empusa* por el de Entomophthorales.

Actualmente el nombre que se utiliza para designar a estos hongos es el de Entomophthorales. Las especies susceptibles a *Entomophthora muscae* Cohn fueron *Lucilia*, *Calliphora*, y algunos Syrphidos, siendo el hospedero *Musca doméstica*.L.

Se encontraron moscas infectadas dentro de los edificios, adheridas a las paredes y techos, como si estuvieran vivas. Una observación más de cerca de las moscas muertas reveló un halo de esporas (conidios) en la pared, que se encontraba rodeado al insecto. Este fenómeno ilustra una característica muy interesante del género *Entomophthora*.

Después de que los conidióforos emergieron a través del integumento del insecto se formaron los conidios, los cuales fueron descargados por la porción terminal de los conidióforos. El conidio fue descargado violentamente formando un halo o anillo alrededor del insecto muerto.

Patología y Patogenia.

Cuando un conidio es descargado a la tierra o hace contacto con un insecto susceptible en presencia de humedad adecuada, empieza a germinar, emitiendo una hifa que penetra a la cavidad del cuerpo a través del integumento. Aquí la hifa se divide en segmentos llamados cuerpos hifales, e invade los tejidos del hospedero, y lo mata.

Si las condiciones de temperatura y humedad no son favorables, en lugar de completar su desarrollo el hongo engruesa su pared celular y forma clamidosporas para preservar su viabilidad, hasta que las condiciones de crecimiento sean apropiadas.

Generalmente los cuerpos hifales se desarrollan con gran rapidez y emiten hifas que forman conidióforos, cada uno de los cuales originan un conidio. Algunas veces los cuerpos hifales desarrollan ya sea esporas latentes, sexuales o asexuales.

El ciclo de vida de otras especies de *Entomophthora* es similar al de *E. muscae*.

El género consiste en un gran número de especies, algunas de las cuales han sido bien estudiadas, pero la mayoría de ellas se han estudiado poco, aparte de las consideraciones de carácter taxonómico.

La mayoría de las especies no se puede cultivar en medios artificiales, sin embargo, algunas se han cultivado en materiales como papa, carne de pez espada y cerdo. Hally y Halfhill (24) 1959, no sólo cultivaron cinco especies de *Entomophthora* en medio artificial (10% de Sabouraud glucosa gelosa glucosada, agar) sino que lograron obtener en este medio la germinación de las esporas latentes de *Entomophthora virulenta* Hall y Dunn.

Entre las especies más conocidas de *Entomophthora* están:

E. grylli Fres. encontrada en varios Ortópteros y Lepidópteros; *E. sphaerosperma* Fres. común a dípteros, himenópteros, lepidópteros y otros insectos; *E. aulicae* (Reich) que se encontró infectando orugas de palomilla de cola café y otros insectos; *E. fumosa* Speare se encontró en piojos harinosos; y *E. aphidis* Hoffman y *E. exitialis* Hall y Dunn encontrados en afidos. *Massospora cicadina* Peck, parásito de la cigarra.



Algunas especies de Entomophthora producen los conidios dentro del cuerpo, más que en la superficie del hospedero. Los conidios son expulsados y diseminados cuando los segmentos abdominales del insecto se separan a causa de la infección.

b. Infecciones causadas por Blastocladiales.

La familia Coelomomycetaceae constituye un único grupo formado por los hongos Blastocladiales entomógenos, se conocen cerca de veinte especies todas pertenecientes al género Coelomomycetaceae.

Parasitan principalmente a larvas de mosquito.

Por estudios realizados en la Federación de Estados Malayos, India, Rusia, Estados Unidos, y Africa, se encontró a los hongos Blastocladiales infectando especies de *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Psorosiphora*, *Uranotaenia*,. La incidencia natural de la infección en poblaciones de mosquitos varió desde muy baja hasta el 95%.

Myiophagus ucrainicus (Wize) (2), es otro Phycomycete primitivo que causa infección en insectos. Este hongo se encontró en ciertos coleópteros en Ucrania; en algunos Dípteros en Inglaterra; y también en Estados Unidos; además se encontraron escamas en Bermudas, Canadá y Estados Unidos.

Patología y Patogenia.

El desarrollo principal de Coelomomyces ocurre dentro de la cavidad del cuerpo del insecto huésped. Ciertas regiones de la cavidad del cuerpo o algunas veces todo el hemocelo, se pueden llenar con esporas y micelio del hongo.

Las larvas adquieren un color de blanco a amarillo-naranja y opaco. Generalmente el hongo completa su desarrollo en el estado de larva del mosquito, pero algunas veces continúa desarrollandose en los estados de pupa o adulto.

Cuando la infección es causada por *Myiophus ucrainicus* el contenido corporal de muchos insectos enfermos se desintegra casi completamente y es reemplazado por una masa de material fúngico de color anaranjado que llega hasta rojizo.

c. Infecciones causadas por Ascomycetos.

Al estudiar las infecciones causadas por Ascomycetes, se debe tener en cuenta que la mayoría de las especies entomógenas tienen, además del estado sexual o perfecto, un estado asexual o imperfecto. Para muchos de estos estados sexuales el correspondiente estado asexual no ha sido encontrado y en la mayoría de los entomógenos imperfectos, las formas sexuales, si es que existen, no se conocen. La verdadera patogenicidad o capacidad invasiva de algunas especies, se ha discutido, y se llegó a la conclusión de que el hongo es un invasor secundario o crece únicamente en insectos débiles, muertos o moribundos por otras causas. Aunque algunas especies de Ascomycetes son patógenos verdaderos.

Se han encontrado a estos hongos infectando escamas y mosquitas blancas.

Los hongos encontrados en escamas pertenecen a diversos géneros y algunos tienen diferentes sinónimos. Entre las especies más importantes están las que pertenecen a los géneros: *Sphaerostilbe* *Nectria*, *Podonectria*, *lisea*, *Hypocrella* (todos del orden Hypocreales), y *Myriangium* (del orden Myriangiales).

En Estados Unidos se estudió a estos hongos en las áreas de cultivos cítricos de Florida con el objeto de combatir a las escamas de los cítricos.

Patología y Patogenia.

Las especies de *Sphaerostilbe* se denominan hongos rojizos de las escamas debido al cambio de rojo-anaranjado a rojo de la periteca. Los estados conidiales de estos hongos pertenecen al género imperfecto *Fusarium* (*Microsera*), que se encuentran en gran cantidad de escamas.

Nectria, conocido como hongo rosa, se encuentra infectada a la escama roja en Florida.

Podonectria u hongo blanquizco de las escamas, se encuentra en varias escamas o

en escamas *Hypocrella*, tiene su estado imperfecto en *Aschersonia*; 25 de sus especies infectan a las escamas, de las cuales 15 corresponden a especies de *Aschersonia*.

Myriangiium, se encuentra en escamas de los trópicos.

En Florida, Estados Unidos, se dió especial interés al estudio sobre los hongos que infectan a los mosquitos blancos o aleurodidos. *Aschersonia aleyrodidis* Webber (hongo imperfecto), conocido como *Aschersonia* rojo, se encuentra en *Dialeurodes citri* (Ashm) y otras mosquitas blancas. Su estado perfecto es *Hypocrella libra* Sydow.

Su modo de infección se realiza como sigue:

Después que la ninfa se ha infectado con el hongo, se hincha y puede secretar más mielecilla de lo normal. Como el hongo se desarrolla internamente, los órganos interiores de la ninfa se contraen dentro del margen.

Luego de la muerte del insecto, las hifas rompen la pared del cuerpo formando un fleco marginal que rodea al insecto. Se desarrolla una pústula roja con sus esporas.

Aschersonia goldiana Saccardo y Ellis; *Aschersonia* de color amarillo, es parásita de *Dialeurodes citrifolli* (Morg). Se parece a *Aschersonia* roja en su apariencia general y hábitos, sólo que ésta tiene sus pústulas amarillas.

Otros hongos encontrados en mosquitas blancas incluyendo *Aegerita webberi* Fam., son los hongos cafés de Webber, *Fusarium aleyrodidis* Petch, y *Ventricillium cinnamomeum* Petch.

El género más importante de los Ascomycetos y que causa enfermedades en los insectos es *Cordyceps*.

1.- Infecciones causadas por Cordyceps.

Cordyceps (clase Ascomycetes), es el género que comprende a las primeras especies de hongos entomógenos. Su gran tamaño y coloración atraen la atención. Se conocen aproximadamente 250 especies (cerca de 50 en los Estados Unidos), que han sido estudiadas principalmente desde el punto de vista taxonómico.

El género Cordyceps tiene una distribución cosmopolita y se presenta en especímenes de varias órdenes de insectos, como son: Hemíptera, Díptera, Lepidóptera, Himenóptera, y Coleóptera.

Por estudios publicados Kobayasi (31) en 1941 encontró 137 especies como miembros del género Cardyceps, de los cuales 125 fueron parásitos de insectos.

Es interesante hacer notar que en ciertas partes del mundo, larvas y pupas de lepidópteros infectados con Cordyceps fueron usadas con propósitos medicinales y como alimento (Hoffman (31) 1947; Lloyd (31) 1918, luego de recopilar opiniones sobre la larva infectada con Cordyceps encontró que tenía un ancho espectro medicinal, sobre todo cuando se hervía con carne de puerco, curaba envenenamientos producidos por opio; disminuía la costumbre de fumar opio; y curaba hasta la tuberculosis.

Morfología.

La morfología de la parte externa de Cordyceps se caracteriza por su crecimiento en forma de árbol fuera del cuerpo del insecto. Esta porción aérea es el estroma, producido por el esclerotio (endoesclerotio) o masa micelial compacta que se encuentra dentro del cuerpo del huésped infectado.

El estroma varía grandemente entre especies y dentro de una especie.

Básicamente este estroma consiste de un núcleo central de hifas paralelas, entretrejidas, con una capa o estrato de hifas cortas en ángulos más o menos rec-

tos con respecto al racimo central.

Este tallo consiste de una porción estéril, erecta, generalmente con una porción terminal amplia cerca del ápice.

El límite entre las porciones fértiles y estériles no está bien definido. Esto es especialmente verdadero en especies con filamentos cilíndricos, o estroma (Mains (31) 1958).

Externamente el estroma quizá sea de varios colores; el color es constante para unas especies dadas, pero varía dependiendo de la madurez. En general los colores son monótonos, grises o cafés; algunas de las especies más coloreadas son bien conocidas.

Cordyceps militaris (Fries) Link, tiene un estroma de color naranja, el cual se debe a la presencia de un carotenoide (Friederichsen y Engel (31) 1958).

Internamente los estromas de las especies entomógenas son blancos.

El estroma varía en tamaño dependiendo de las especies; y en especies patógenas de huéspedes subterráneos, varía el tamaño de acuerdo a la localización del huésped con relación al sustrato. El estroma de *Cordyceps narvegica* Soop 300 mm; *Cordyceps nipponica* 240 mm.

La periteca se desarrolla sobre la porción fértil del estroma, tiene una apariencia fresca, oval o elíptica, sus ostiolos se cierran hacia la superficie.

En algunas especies las peritecas son superficiales, mientras en otras están sumergidas o parcialmente sumergidas en el estroma.

Las ascas son cilíndricas, largas y estrechas en la mayoría de las especies (650 a 750 por 5 a 6 micras en *C. curculionum*), y contienen 8 ascosporas filiformes, multiseptadas las cuales se rompen en segmentos al madurar.

El esclerocio del cual se producen los estromas, consiste en una masa compacta de hifas miceliales contenidas dentro de la pared del huésped parasitado.

El micelio quizá se presente formando un micelio denso alrededor del cuerpo del insecto huésped, el cual se fija al sustrato de dicho insecto.

En algunas especies el estroma crece en áreas específicas del integumento del huésped, pero comunmente se va a desarrollar en la boca o en el ano. (Kobayasi (31) 1941, Mains (31) 1958).

Fisiología.

Huber (31) en 1958, encontró que los hongos crecen bien sobre gelosa (grasosa) (1.5 mg de NH_4NO_3 , 0.5 mg de KH_2PO_4 , 0.25 mg de MgSO_4 , 0.25 mg de KCl , 3% de agar 5% de carne de buey grasosa, un litro de agua). Al agregar varias clases de grasa a un medio que no contenía carbón (1.0 mg de NH_4NO_3 , 0.25 mg K_2HPO_4 , 0.125 mg MgSO_4 , 0.125 mg KCl , un litro de agua destilada) encontró que el hongo tomaba a la glicerina como sustrato para obtener carbón cuando se agregaba al medio. Cuando se hizo crecer a los hongos en un medio que contenía gelosa, al cual se le agregó quitina, se vio que ésta se hidrolizaba. El hongo creció pobremente pero la hidrólisis de la quitina fue observada después de veinte días.

La hidrólisis fue más pronunciada a pH de 5.7 que un pH de 4.8 a 4.2. Cuando se la adicionó glucosa y nitrato de amonio al medio de gelosa quitina, no se observó la hidrólisis de ésta, debido a que se usaron como fuentes de carbono y nitrógeno la glucosa y el nitrato de amonio.

Aparentemente *C. militaris* puede hidrolizar la quitina para suplir las necesidades nutritivas, ya que la hidrólisis ocurre cuando los elementos para el crecimiento son aprovechados en otra forma.

Patología y Patogenia.

Los miembros del género *Cordyceps* se caracterizan porque el estroma proviene de un esclerocio formado dentro del cuerpo del insecto infectado. Al final del estroma o tallo está una porción fértil, la cabeza, la cual puede estar brillantemente coloreada. Las peritecas están contenidas en esta estructura, y dentro de ellas están las ascas, una de las cuales contiene ocho ascosporas. Después de salir del asca, las esporas multiseptadas se dividen en sus componentes celulares y eventualmente germinan. Se cree que algunas especies de *Cordyceps* tienen un estado conidial, el cual se incluye en géneros de hongos imperfectos como *Spicaria Spicaria* = (*saria*), *Boritis*, e *Hirsutella*.

El ciclo de vida de la mayoría de los *Cordyceps* es similar al de los hongos entomógenos en general. El tubo germinal de la espora atraviesa el integumento del huésped penetrado a la cavidad del cuerpo, en la que desarrolla y forma un esclerocio, el cual dará origen a un estroma fresco y a esporas.

En algunas especies de *Cordyceps* (*ejm(militaris)*), les ocurre la fragmentación de espora, mientras que en otras la fragmentación no ocurre.

En cada caso, cuando estas partes de espora o esporas están o encuentran condiciones ambientales convenientes, germinan para emitir uno o más tubos germinales.

Cuando la germinación ocurre sobre la superficie de un insecto huésped conveniente, los tubos germinales penetran el integumento. De Bary (31) 1887 estableció que en el caso de *C. militaris*, los tubos germinales penetran el integumento en cualquier punto. Esto puede ser cierto, puesto que Huber (31) 1958, demostró la habilidad de los tubos germinales extremos para hidrolizar la quitina.

Después de que estos tubos entran al huésped, los cuerpos hifales aparecen en el hemocelo. Sweetman (31) 1958, estableció que estos cuerpos hifales crecen

a través del integumento hacia la superficie o bien penetran hasta llegar al hemocelo. De acuerdo a De Bary (31) 1887, cuando el tubo germinal de *C. militaris* entra en el huésped y desarrolla un micelio de hifas fuertes, éstas penetran los músculos y grasa del cuerpo. En este punto el crecimiento micelial se detiene y los cuerpos hifales se separan del final y lados de la hifa.

Los cuerpos hifales aparecen pronto y en gran número circulando en la sangre.

Los cuerpos hifales se reproducen por gemación, como lo hacen las levaduras, pero como el hemocelo está lleno con los cuerpos unicelulares, las células hijas no se separan más de las unidades madres, sino que permanecen pegadas en cadenas y llenan la cavidad entera del cuerpo, reemplazando o digiriendo en el proceso los componentes suaves del huésped.

En este punto ocurre la muerte del huésped, su cuerpo se vuelve blando y se encoge.

Las cadenas de hifas continúan su desarrollo y se vuelven más compactas para formar el esclerotio.

Algunas veces las hifas penetran al intestino, integumento y otros tejidos del huésped, y mientras esto sucede, la masa entera se endurece y se ensancha cerca del tamaño normal por la maduración del esclerocio del cuál el estroma se levantará posteriormente.

d. Enfermedades Muscardinas.

La palabra "muscardina", puede referirse a un tipo de enfermedades producidas por ciertos hongos, o a los hongos en sí. En estas enfermedades el hongo emerge del cuerpo del insecto, cubriendo al animal con material fúngico característico que recuerda en cierta forma al bombón francés o menta dulce (muscardin french). La palabra se usa para designar a la enfermedad muscardina blanca del gusano de seda, causada por el hongo *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. También ha sido usada esta palabra para nombrar a la enfermedad muscardina verde del escarabajo gallo del trigo y otros insectos, causada por *Metarrizium anisopliae* (Metch) Sorokin.

Todos los hongos que causan estas micosis son hongos imperfectos.

El hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo), es la causa de una de las enfermedades muscardinas, la muscardina blanca, en la cual el cuerpo frutal del hongo se levanta sobre la parte externa del cuerpo del insecto, formando una cubierta gruesa. El cuerpo del insecto infectado por el hongo se transforma en una momia blanca.

1.- Como la muscardina blanca es tan fácil de reconocer fue la primera enfermedad conocida del gusano de seda, *Bombyx mori* (Linn). Antes de 1835 la enfermedad fue considerada como no contagiosa. Bassi (2) en el mismo año fue el primero en demostrar que la enfermedad era contagiosa y de origen parásitario. Demostró que la muscardina era causada por un hongo que se multiplica dentro y sobre el cuerpo del gusano de seda.

Steinhaus (29) 1949, estudió y describió al hongo dándole el nombre de *Beauveria bassiana*.

Audouin (2) 1837, observó que la enfermedad no sólo atacaba al gusano de seda, sino que fueron susceptibles muchas otras especies de insectos.

Tangl (13) 1893, intentó por primera vez el uso de *Beauveria bassiana* como agente de Control Biológico, usando al hongo contra la larva de la polilla *Lymantria monocha* Linn.

Beauverie (13), 1911, estudió al hongo muscardino comparándolo con otra especie estrechamente ligada (*Botrytis effusa* Beauverie), encontrada en el gusano de seda.

Mostró que las dos especies poseían propiedades comunes y sugirió la creación de un nuevo grupo que las incluyera.

Vuillemin (13), 1912, fué quien creó el género *Beauveria* con las especies *bassiana* como el tipo.

Clements y Shear (13), 1931, establecieron el género *Beauveria* como sinónimo de *Phymatotrichum*, pero muchos autores prefieren el primer nombre.

Lefebvre (13) en el mismo año realizó 1 experimento en el que el hongo creció bien a una temperatura de 28°C, sobre la mayor parte de los medios artificiales usados para el cultivo de hongos. Su crecimiento fue plano, con aspecto de yeso, pulverulento, algodonoso. La esporulación se llevó a cabo durante 3-7 días. Cuando la espora fue colocada en agua, se hinchó después de transcurridas las 24-48 h. Para que las esporas germinaran se les colocó en tubos de paredes delgadas.

Después de 32 h la germinación en el tubo se extendió 80 micrones de longitud.

Cuando las conidias fueron producidas en forma abundante, se transformaron en cabezas compactas y aglobadas, sobre la hifa principal ramificada, o sobre las hifas laterales cortas que están generalmente colocadas en ángulos rectos con respecto a los ejes principales.

También reportó un ataque de *Beauveria bassiana* en larvas del barrenador europeo del maíz importado a Estados Unidos desde Manchuria. Estudió a los hongos e hizo exámenes de campo, los cuales indicaron que los hongos fueron agentes de control contra el barrenador europeo del maíz.

Se hicieron estudios considerables con la posibilidad de utilizar *Beauveria bassiana* para controlar el barrenador europeo del maíz. Metalnikov y Toumanoff, (13), 1928, y Toumanoff (13), 1933, encontraron que el barrenador europeo del maíz fue muy susceptible a los hongos en Europa.

Bartlett y Lefebvre, (13) 1934, condujeron experimentos de campo contra el barrenador europeo del maíz en el este de Estados Unidos, e indicaron que la larva en el campo fue susceptible al ataque de hongos.

Posteriormente Strirret, et al (13), realizaron estudios de campo en Canadá y Beall, et al (13).

Steyaert, (13), 1935 intentó usar *Beauveria bassiana* para combatir al escarabajo del grano del café, *Cyphalus* (*Stephanoderes*) *hampei* (Ferrari), en el Congo Belga; Jaynes y Marucci, (13), en 1947, realizaron experimentos de laboratorio y campo con hongos contra larvas de la polilla *Carpocapsa pomonella* (Linn) en Nueva Jersey.

Se combatió a poblaciones del escarabajo del frijol mexicano en Nueva York con el hongo de acuerdo a Dresner, 1949.

El hongo usado en estas investigaciones se consideró como constituido por dos cepas diferentes de *Beauveria bassiana* (Bálsamo).

Una cepa fue aislada de la larva muerta del barrenador europeo del maíz, *Pyrausta nubilalis* (Hübner) recibido durante 1950 por el Laboratorio de Patolo-

gía de Insectos (Departamento de Control Biológico, Universidad de California), de los Estados Unidos. Departamento de Agricultura, Lab. de reserva del barrenador europeo del maíz, Ankeny, estación de campo, Des Moines, Iowa (Steinhaus 1952).

La otra cepa fue aislada de larvas muertas de una especie no definida de *Crambus*, recibida por B.G. Thompson en la División de Zoología, Estado de Oregón.

Estos hongos fueron confirmados como *Beauveria bassiana* por D.M. MacLeod (13) del Laboratorio de Patología de Insectos, División de Entomología, Departamento canadiense de Agricultura.

Los dos hongos son casi idénticos en la mayor parte, y sólo difieren ligeramente en ciertas características. El color del cultivo y las esporas de la cepa *Crambus* es ligeramente más oscuro, que el de la cepa del barrenador europeo del maíz. Los requerimientos de los medios artificiales parecen ser los mismos. El crecimiento del cultivo de la cepa *Crambus* es ligeramente más elevado.

De acuerdo con C. Tompson, de los cultivos de las cepas del barrenador europeo del maíz se obtuvieron cepas mutadas, lo cual no ocurrió con las cepas de *Crambus*.

Las cepas de *Crambus* son más patógenas para la membrana del barrenador y menos efectivas contra otros huéspedes que las cepas de *Beauveria bassiana* del barrenador europeo del maíz.

Se realizó un experimento en la Estación experimental de Agricultura de California, en febrero de 1954, para ver la patogenicidad en huevos y larvas de primer estadio.

Para ello se usaron tres cajas de Petri que contenían veinte huevos fértiles del gusano. Una caja fue reservada como testigo; otra fue tratada con

una aplicación de esporas acompañada por huevos cubiertos de polvo puro; y la otra se trató con un polvo de esporas, sobre el cual, por medio de una brocha de pelo de camello, se sacudieron esporas contaminadas.

Aparentemente había protección de los huevos para evitar que los tubos hifales de los hongos penetraran a ellos.

Tres días después algunas larvas enfermaron en las tres cajas. De estas larvas algunas murieron por enfermedades bacterianas. Otras larvas murieron en dos cajas mostrando crecimiento del micelio en la parte externa de las larvas.

Siete días después todas las cajas contenían larvas muertas, cubiertas con micelio blanco, en el grupo tratado con esporas.

En el grupo tratado con polvo de esporas, sólo una larva permaneció viva. Las larvas muertas en este grupo estaban cubiertas por micelio blanco.

En el grupo testigo cinco larvas quedaron vivas y ninguna de las larvas muertas estuvo cubierta por micelio blanco.

Virulencia en el Estadio Temprano de las Larvas.

Se condujeron experimentos de laboratorio para determinar la virulencia de *Beauveria bassiana* por el segundo y tercer estadio larval del gusano.

Se usaron seis cajas con cinco larvas, siendo reservadas tres cajas como testigo y aplicándoles a las otras cajas diferentes dosis de esporas. La dosis fue determinada por el número de veces que se oprimió el bulbo con un pequeño aspirador de mano.

A la primera caja se le oprimió el bulbo una sola vez; a la segunda caja dos veces; y a la tercera caja tres veces.

Los resultados con la cepa del barrenador europeo del maíz están dados en la tabla 3 .

Las cepas del barrenador europeo del maíz parecieron ser muy efectivas contra las larvas en estadios tempranos, y los datos mostraron que no hay diferencias significativas debido a las dosis usadas.

Virulencia durante el Cuarto y Quinto Estadios Larvales.

Se usaron seis cajas de Petri cada una cinco larvas de cada cepa.

Se colocó pasto fresco en cada caja. A tres cajas se les colocaron esporas pesadas, en tres diferentes concentraciones, presentándose los resultados en la tabla # 4 .

Las otras tres cajas fueron usadas como testigo.

Se necesitó más tiempo para que las larvas murieran por la infección; ya que se vió que eran más resistentes.

La cepa aislada del barrenador europeo del maíz fue menos efectiva contra el cuarto y quinto estadios larvales, que la cepa del hongo *Crambus*.

Humedad y temperatura elevados favorables se requieren para la germinación de las esporas del hongo y su infección al huésped a través de la pared de su cuerpo.

Entre los insectos susceptibles a *Beauveria bassiana* están, el barrenador europeo del maíz, la palomilla de la manzana, y la chinche apestosa.

Patogenia y Patología

Sobre la chinche apestosa, la variedad *Beauveria bassiana globulifera*, se

Tabla 3

Aspersiones de aplicadas	No. de Lar- vas	Larvas vivas después de			Larvas muer- tas después de:			Larvas muer- tas por in- fección de <u>B Thuringensis</u>		
		días	días	días	días	días	días	días	días	días
		2	4	6	2	4	6	2	4	6

Prueba realizada con la cepa de B bassiana aislada de Crambus

1	5	-	0	-	-	0	-	-	5	-
2	5	-	0	-	-	0	-	-	5	-
3	5	-	0	-	-	0	-	-	5	-
0	15	-	15	-	-	0	-	-	0	-

Prueba realizada con la cepa de B. bassiana aislada del barrenador

1	5	-	3	0	-	2	2	-	0	3
2	5	-	2	1	-	1	1	-	2	3
3	5	-	3	3	-	0	0	-	2	2
0	15	-	15	15	-	0	0	-	0	0

Aspersiones aplicadas	No. de Larvas	Larvas vivas después de				Larvas desaparecidas por otras causas contadas a partir de:				Larvas muertas por infección de <i>B. bassiana</i> contadas a partir de:			
		días	días	días	días	días	días	días	días	días	días	días	días
		5	7	9	14	5	7	10	14	5	7	10	14

Prueba realizada con la cepa de *B. bassiana* aislada de *Crambus*

1	5	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1
2	5	5	0	---	---	0	1	---	--	0	4	---	---
3	5	5	1	0	---	0	0	0	--	0	4	1	---
control	15	14	13	12	12	1	1	0	0	0	0	1	0

Prueba realizada con la cepa aislada del Barrenador

2	5	4	3	3	3	0	0	0	0	1	1	0	0
2	5	5	4	2	2	0	1	0	0	0	0	2	0
3	5	5	3	2	1	0	0	0	1	0	2	1	0
control	15	14	13	12	12	1	1	0	0	0	0	1	0

* EFECTO DE LAS DOS CEPAS DE *BEAUBERIA BASSIANA* EN EL CUARTO Y QUINTO ESTADIO LARVAL.

manifiesta en forma normal por un crecimiento algodonoso o harinoso que a veces llega a envolver completamente al insecto. Los conidióforos forman paquetes cerrados de conidios, de un color blanco cremoso. El hongo crece con rapidez en medio artificial donde produce un tipo de crecimiento más lanoso que la mayoría de las otras variedades de *Beauveria bassiana*, las cuales producen un crecimiento aplanado, harinoso y pulverulento. En el integumento de la chinche apestosa, y bajo condiciones apropiadas de temperatura y humedad, el conidio germina produciendo una hifa que penetra la pared del cuerpo del insecto. Aproximadamente en tres días el insecto muere a causa de la infección. Las hifas llenan la cavidad del cuerpo del insecto, finalmente emergen y la cubren con el crecimiento micelial blanco. Numerosos conidios se forman en los conidióforos, y cuando éstos llegan a otros insectos el ciclo se repite.

En el barrenador europeo del maíz y en las larvas de otros Lepidópteros, el curso de la enfermedad es similar al del gusano de seda y a la chinche apestosa. Una larva infectada se vuelve perezosa en sus movimientos, no responde a la mayoría de los estímulos externos y con frecuencia toma un color ligeramente rosado. La larva permanece blanda y flexible hasta que el micelio ha crecido a través del cuerpo del insecto. En seguida el insecto se pone rígido y momificado siendo el contenido del cuerpo blanco y polvoso. Cuando la larva momificada permanece en una atmósfera seca, no se ve ningún signo externo del hongo. Sin embargo, cuando se expone al aire húmedo, los conidióforos rompen todo el integumento y aparece el micelio blanco sobre la superficie del insecto. Después de uno o dos días se producen conidios, los cuales dan al insecto una apariencia harinosa, polvosa. Los conidios permanecen viables por más o menos 128 semanas a 4°C y por cerca de 7 semanas a 23 y 38°C. (Steinhaus (2) 1960). Después de tres o cuatro meses sobre un micelio artificial (Müller, Kögler (2), 1960), los conidios de *B. tenella* tienen un porcentaje de germina-

ción un poco más alto que los de *B. bassiana*.

Metarrizium anisopliae.

Se considera como Moniliaceae por sus semejanzas con *Penicillium*, crece en medios artificiales, pero de preferencia en medios con papa. Puede crecer en medio que no contenga nitrógeno y las esporas pueden permanecer en medio seco durante tres años.

Las infecciones con *Metarrizium anisopliae*, la causa de la muscardina verde, son similares en muchos aspectos a las causadas por *Beauveria bassiana*. La muscardina verde fúngica fue descubierta por Metchnikoff (2), en 1879, infectando larvas del escarabajo gallo del trigo.

Este científico ruso estudió la enfermedad y su uso práctico en el control de los insectos. También apareció una evidencia de la importancia de las epizootias naturales en la reducción de las poblaciones de insectos. Desde su descubrimiento se ha encontrado un gran número de insectos infectados con *Metarrizium* (hasta 75 especies sólo en Norteamérica).

Metarrizium anisopliae tiene una posición taxonómica cerca a *Penicillium* en la familia Moniliaceae. Su estado perfecto no se conoce; el reporte de que es *Cordyceps* generalmente no se toma en cuenta.

Crece en forma rápida en medio artificial, su crecimiento y germinación son promovidos por la humedad alta.

e) Otras Micosis.

Se ha observado una enfermedad, conocida como muscardina roja en *Cleonus*, *Euxoa*, y otros insectos. Esta es causada por *Sorosporella uvella* (Krass), un

Hyphomycete verticilado cuyo estado perfecto no se ha observado. Las larvas muertas se ponen de un color rosa o rojo ladrillo

Si el cuerpo se abre o se rompe, los tejidos internos del huésped se verán reemplazados por una masa de esporas latentes de color rojo ladrillo, las cuales rápidamente son dispersadas en forma de polvo. En condiciones apropiadas las esporas latentes germinan, formando conidióforos y conidios. El hongo puede ser cultivado en varios medios.

Otro género de hongos imperfectos que contiene especies entomógenas importantes es *Spicaria* el cuál se encuentra infectando a varios lepidópteros y Coleópteros.

Se conocen cerca de 15 especies en Norteamérica. El nombre del género *Isaria* se ha descartado por el de *Spicaria Vermicularia* se presenta en cicadidos, *Acrostalagmus Cladasparium* en áfidos, *Aspergillus y Perycistis* en abejas, *Acremonia* en el gorgojo de la hoja del trébol, *Stemphylium* en coccidos, y *Synnematium* en varios Hemípteros.

VIII. CULTIVO DE PATOGENOS DE INSECTOS.

Introducción.

El cultivo de patógenos de insectos exige, como requisito previo, un estudio adecuado del microorganismo para poder determinar las condiciones adecuadas de laboratorio y posteriormente proceder a desarrollarlas en gran escala.

Para lograr esto es preciso conocer los elementos nutritivos y las condiciones físicas que se necesitan para su crecimiento. Las exigencias nutritivas son muy diversas y dependen del microorganismo patógeno, y éstas han sido establecidas después de largas investigaciones.

También los microorganismos presentan diferencias radicales con respecto al ambiente físico favorable para su desarrollo; es por ello que nos encontramos que existen grandes diferencias en los medios empleados para su cultivo.

No obstante, todos los microorganismos comparten una serie de exigencias nutritivas con respecto a los compuestos químicos necesarios para su crecimiento y funcionamiento normal. Entre ellos podemos encontrar: agua, fuentes de carbono y de energía, de nitrógeno y elementos minerales, así como procedimientos para disponer de hidrógeno y oxígeno; todos estos requerimientos, así como un método simple de producción que sea de bajo costo y que permita fácilmente la diseminación de los microorganismos. Son las características que se requieren para obtener mediante técnicas masivas, patógenos de insectos para utilizarlos en el control biológico.

Uso de Insectos Vivos.

La infección de insectos vivos para la producción masiva de patógenos ha sido muy usada en el pasado y aún se usa ampliamente, incluso en la industria.

En algunos casos es fácil hacer que se desarrollen los estados vegetativos de un microorganismo en forma pura, pero no se producen estados resistentes, y sólo se utilizan cuando no es posible desarrollar el microorganismo en un medio no vivo.

Otras maneras de usar a los insectos como substrato para la producción masiva de patógenos son las siguientes:

- a). Colección e infección de especímenes sanos.
- b). Cría e infección de especímenes en el laboratorio o en la planta de producción.
- c). Colección de especímenes enfermos o muertos en poblaciones del campo expuestas a epizootias inducidas natural o artificialmente.

a). Colección e infección de especímenes sanos.

La colección en el campo de insectos para la producción masiva de patógenos generalmente se prefiere cuando las especies de insectos involucrados en el cultivo son difíciles de criar en gran escala, tal es el caso de los minadores y palomillas, o de aquellos que tienen un ciclo de vida muy largo como algunos coleópteros.

Los insectos colectados en el campo pueden ser usados varias veces para la producción masiva de ciertos organismos, cuando éstos se pueden recuperar en las neces de los insectos.

Un patógeno que desde hace mucho tiempo está disponible en el mercado como insecticida microbial es *Bacillus popilliae* Dutky, el cual es el causante de la enfermedad lechosa tipo A del escarabajo japonés *Popillia japonica*.

Bacillus popilliae no esporula fácilmente en medios bacteriológicos, sin embargo puede ser producido en forma masiva en su insecto huésped.

Otro uso de los insectos sanos colectados en el campo es la acción que presentan al ser infectados y posteriormente diseminados, lo que proporciona una buena dispersión del agente infectivo.

La producción masiva de patógenos por este método permite conservar la infectividad del patógeno por medio de pases a través de huéspedes alternativos.

b). Cría e infección de especímenes en el laboratorio o en la planta de producción.

Este sistema es más confiable y adecuado para producciones en gran escala, siempre y cuando los insectos puedan adaptarse a los procedimientos de cría que se lleven a cabo en el laboratorio y tengan un ciclo de vida corto. Además presenta la ventaja de que los requerimientos de los insectos están disponibles y por lo tanto pueden ayudar en la propagación.

La producción del patógeno *in vivo* se simplifica ampliamente cuando el agente patógeno no presenta especificidad estricta sobre alguna especie, sino que tiene un amplio rango de huéspedes.

Sin embargo, deberá mantenerse en vigilancia constante para determinar una posible pérdida de la patogenicidad.

Un ejemplo de patógenos producidos por este método es el de *Beauveria tenella*.

c). Colección de especímenes enfermos o muertos en poblaciones de campo expuestas a la enfermedad.

Este sistema depende principalmente de la facilidad que exista en el laboratorio para coleccionar grandes cantidades de insectos, debido a que existen huéspedes extremadamente pequeños que se alojan dentro de las paredes de las

plantas o en estructuras especiales que construyen, así como insectos que viven en las coronas de los árboles, esto involucra una gran cantidad de trabajo manual para su recolección y por lo tanto no resulta conveniente.

También la recolección y la trituración de los insectos muertos o moribundos permite la preparación de material infeccioso para su distribución en el campo.

El uso de momias de *Melolontha melolontha* para obtener esporas de *Beauveria tenella* es utilizado para la producción de este patógeno.

Otros hongos patógenos distribuidos ampliamente de esta manera son *Beauveria asiatica*, *Empusa grylli* y *Entomophthora* spp. sin embargo el éxito depende en gran parte de las condiciones ambientales del medio para que se pueda desarrollar favorablemente el hongo.

En conclusión, el uso de insectos vivos para la producción masiva de insecticidas microbianos y como sustratos, requiere gran cantidad de labor manual y es por lo tanto económicamente aceptable sólo cuando: (1) los estados infecciosos o resistentes del patógeno no pueden ser producidos en forma masiva en un medio no vivo. (2) el patógeno es sumamente deseable como una posibilidad única de control. (3) el agente infeccioso es virulento en extremo.

Cultivos Bacteriológicos

La colección de insectos para cultivo de patógenos se ve limitado tanto por la alimentación del insecto si éste se necesita vivo, como por su reproducción y su alimentación; sin embargo, en el cultivo bacteriológico necesitamos conocer las exigencias nutritivas del patógeno en el mismo medio y por así decirlo, la posibilidad que existe para desarrollarlo *in vitro*.

Krassiltschik (2) desde 1888 demostró la posibilidad de utilizar métodos industriales para la producción masiva de esporas de un hongo entomógeno, y en la actualidad es uno de los métodos que más se utilizan.

Los avances principales en la tecnología de las fermentaciones se iniciaron con el cultivo masivo de microorganismos para la producción de penicilina y de acuerdo a ésta y a posteriores investigaciones se ha llegado a interrelacionar a (1). un laboratorio de estudios biológicos y bioquímicos (2). una planta piloto para establecer las condiciones óptimas y prácticas a escala, a través del estudio de la influencia de los factores del medio ambiente, y (3). a nivel de una planta en la que desarrollen las técnicas de asepsia para el cultivo masivo.

Actualmente el cultivo en escala industrial parece que se ha desarrollado solamente para hongos y bacterias. Sin embargo se espera que posteriormente se pueda desarrollar para otros microorganismos.

Medios Bacteriológicos.

El tipo de medio que se usa depende de unas cuantas variables relacionadas entre sí.

El costo, la disponibilidad y la existencia de cada uno de los ingredientes. Una materia prima barata no tiene utilidad si su distribución mundial está limitada, o un producto de desecho abundante no se podrá emplear si no está en las condiciones que se necesitan.

Otra consideración importante es la composición que se obtenga en el medio especial para que cumpla con los requisitos nutritivos del microorganismo.

Asimismo la fisiología del microorganismo y su facilidad de síntesis o de

asimilación de cierto compuesto, nos permiten determinar la presencia de algún ingrediente en el medio de cultivo. La mayoría de los hongos prefieren medios que contienen fuentes de nitrógeno fácilmente asimilables.

Por último se tiene que tener en cuenta también el equipo que se va a utilizar.

Los medios empleados para el cultivo de los microorganismos patógenos son sólidos y líquidos y en contadas ocasiones se utiliza el medio difásico. Existen innumerables medios holídicos y merídicos para el cultivo de los microorganismos, pero la mayoría de ellos son muy caros y por lo tanto no adecuados para usos de producción en instalaciones. Los medios usados para la producción de microorganismos en gran escala son principalmente oligídicos y contienen materiales orgánicos no elaborados. Los microorganismos son producidos en cultivos superficiales (sobre el medio, ya sea líquido o sólido) y en cultivos sumergidos, en medios líquidos.

Cultivo de Bacterias Entomógenas.

La producción masiva de bacterias entomógenas se ha facilitado debido a que existe mayor conocimiento de los requerimientos para la germinación de esporas, crecimiento vegetativo y esporulación.

Las bacterias, al igual que otros sistemas microbiológicos, requieren una fuente de energía (energía solar o química); una fuente de carbono (incorporación de metabolitos resultantes de la degradación de las sustancias orgánicas o fijación de CO_2); una fuente de nitrógeno (nitritos, nitratos, aminoácidos, bases púricas o pirimídicas); elementos minerales (agua, azufre, fósforo, elementos metálicos, etc).

Una de las primeras bacterias que han sido desarrolladas en gran produc-

ción para el control microbial de insectos fue *Cloaca cloacae* var. *acridorum* d'Herelle (1912, 1914, 1915, 1916) pues no presenta muchas dificultades para su cultivo, crece fácilmente en un medio sumergido y ha sido usada contra varias especies de chapulines.

D'Herelle usó tres caldos diferentes, todos peptonizados para su trabajo. (véase tabla 5). El primer medio fue abandonado rápidamente debido a que la bacteria perdía su virulencia si se cultivaba por más de dos o tres días. Los otros dos medios que se mencionan en la tabla permiten el desarrollo de microorganismos después de 15 días. Las bacterias junto con los caldos donde se cultivaron fueron asperjados sobre los manchones de pastos distribuidos en el área infectada. La cantidad de caldo usado varió de 50 ml a un litro por hectárea; las infestaciones pequeñas requirieron de una pequeña cantidad de cultivo.

Metalnikov y Metalnikov (2) en 1935 sustituyen los extractos de carne por materiales vegetales como el caldo de papa y el medio de gelatina con papa, en tales medios se produjeron esporas de *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus galleriae* y *Bacillus cazaubon*.

Un medio similar fue usado para la producción masiva de un insecticida microbial "Sporaine" que fue vendido en Francia por el laboratorio L.I.B.E.C. localizado en 1940 en 26 Rue d'Alleray, París.

Steinhaus(2) 1951 usó un medio sólido para cultivar *Bacillus thuringiensis*. El medio consistía de nutriente gelosado al cual se le adicionaba 1% de glucosa. Steinhaus pretendía incrementar la cantidad de esporas, sin embargo el rendimiento fué menor, pero parece ser que fue debido a un mal suministro del aire.

Afortunadamente *Bacillus thuringiensis* no presenta muchos problemas en su producción y en cambio si muchas ventajas, puesto que ya se ha usado contra innumerables insectos.

Cloaca cloacae VAR AERIDORUM D'HERELLE

INGREDIENTES	AÑO DE PUBLICACION		
	1914	1914	1915
Agua, ml	1000	1000	1000
Extracto de carne, g	—	—	<u>5</u>
Papa, g	—	<u>10</u>	—
Gelatina, g	30	20	<u>5</u>
Peptona, g	40	5	5
Glucosa, g	5	5	—
Cloruro de sodio, G	5	5	5

Recientemente la producción masiva de esporas de *Bacillus thuringiensis* en cantidades industriales se ha logrado en medios que no son muy complejos y ciertamente no muy costosos.

Sin embargo los detalles completos de los procesos de producción masiva no se encuentran disponibles, reservando los datos unas veces con carácter de conocimiento técnico, otras con objeto de solicitudes de patente, por ello es imposible describir detalladamente los principios básicos que se emplean en la elaboración del medio para el cultivo de estos microorganismos patógenos.

Se sabe que la Corporación Bioferm usa un medio que contiene melazas de remolacha y un líquido de maíz macerado, y que este proceso proporciona una esporulación rápida y uniforme (90% en menos de dos días).

Wikem y Wille (2) en 1956 y 1955 hicieron un estudio nutricional sobre el metabolismo de un *Bacillus sp.*, y encontraron que estas bacterias requieren (+) biotina y tiamina, además necesitan nitrógeno orgánico en forma de ácido 1(+)-glutámico y de cisteína para su crecimiento y esporulación. El medio desarrollado por los investigadores para la producción en gran escala del patógeno tenía la siguiente composición:

Glucosa	2.0 g.
ácido 1(+) glutámico	4.0 g.
11-cisteína	0.06 g.
K_2HPO_3	0.5 g.
CH_2PO_4	0.5 g.
$1g SO_4 \cdot 7H_2O$	0.2 g.
$1n SO_4 \cdot 4H_2O$	0.1 g.
NaCl	0.01 g.
$eSO_4 \cdot 7H_2O$	0.01 g.

Ca (H ₃ PO ₄) ₂ H ₂ O	2.0 ml sol sat, a 25°C.
Tiamina	0.5 mg.
(+) biotina	25.0 microgramos
agua destilada	1000.00 ml.

El pH de la solución se ajustó a 6.5 - 7.3 usando Na OH, después de 8 a 14 días se obtuvo una esporulación del 50 al 60%, la producción de esporas alcanzó 10 por ml de sustrato. La cantidad de esporas disminuyó rápidamente cuando la bacteria se cultivó sobre un nutriente gelosado común. En cultivos sumergidos, no aereados, la cantidad de esporas formadas no excedió al 20% de la población de células. La adición de más oxígeno y el suministro de elementos en cantidades pueden aumentar la esporulación hasta en un 80% y disminuir el periodo de incubación por cerca de 5 días. (Wille 19-54).

El cultivo masivo de *Pseudomonas aeruginosa*, Migula fué preparada por Baird (2) 1958, en un medio de la siguiente composición:

Caldo de bactonutrientes	8g.
mucina gástrica	10 g.
caseína	10 g.
sacarosa	50 g.
agua destilada	1000 ml.

Los cultivos se incubaron 24 a 36°C y se utilizaron en una dilución de 1:10 con agua destilada, contra los chapulines.

La viabilidad de la bacteria se conservaba agregando sacarosa, caseína, y mucina.

Un patógeno importante de insectos es *Serratia marcescens* Bizio, que ha sido cultivada en un medio de leche desnatada, peptona y glucosa; el medio debe

ser sumamente oxigenado y la peptona puede ser sustituida por productos de soja que son más baratos y se agregan manitol o sorbitol como fuentes de carbono.

Se intentó un cultivo de *Bacillus popilliae*, sin embargo no ocurrió la esporulación Dutky (2) 1940, y esto originó estudios más profundos acerca de la esporulación *in vitro*.

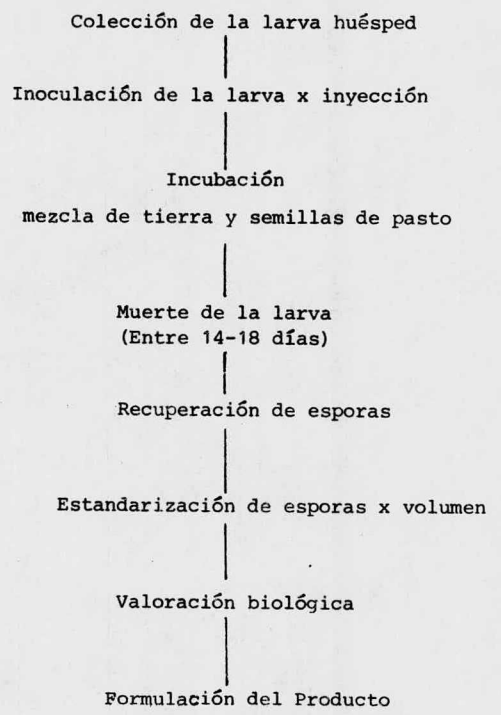
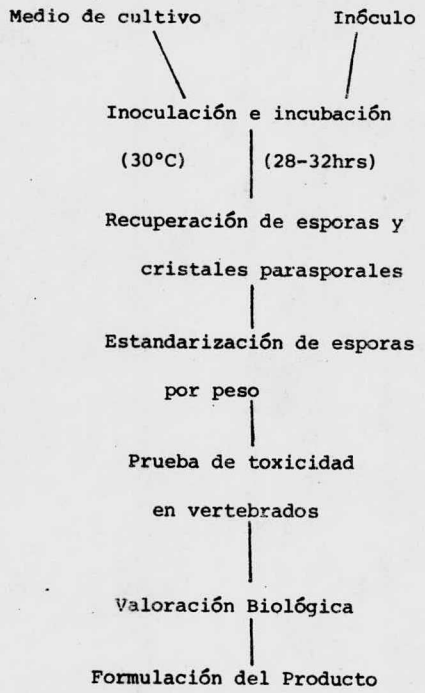
Se ha dado particular atención al pH, a presión parcial, a los factores de crecimiento y requerimientos de carbohidratos y nitrógeno por parte de los microorganismos.

Dado que la esporulación en una larva enferma se ve propiciada después de que las células vegetativas se han vuelto muy numerosas y por lo tanto los nutrientes se vuelven deficientes, se ha observado que se obtiene una buena esporulación cuando las células vegetativas son transferidas de un medio de crecimiento rico, con una consistencia de pasta gruesa a un medio de inanición. Además se ha visto que la elevación de temperatura promueve la esporulación.

De manera general la esporulación de la bacteria puede obtenerse bajo ciertas condiciones adversas a su crecimiento y no siempre un estado de inanición puede dar por resultado la esporulación, debido a que la falta de nutrientes puede detener el crecimiento pero sin llegar a la esporulación.

De acuerdo con Grlelet (31) 1957, se pueden distinguir dos grupos de condiciones para la esporulación: (1). Aquéllas que promueven un crecimiento vegetativo y una esporulación y (2). Aquéllas que promueven la formulación de esporas desde el principio del cultivo, como son la adición de quelatos de calcio y ácido picolínico.

También la composición del medio influye en el tamaño y composición de las esporas. Young y Fitz-James (31) en 1959 reportaron que la existencia de metales que disminuyeran la cantidad de DNA se manifestaba en las esporas, ya



que éstas presentaron menor tamaño, menor cantidad de DNA y los cristales también presentaron menor tamaño.

Por lo tanto, desde el punto de vista de producción a gran escala, *el estudio* de los factores que influyen la esporogénesis es importante.

Cultivo de Hongos.

Aunque los métodos verdaderos de producción a nivel instalación nunca han sido reportados para los hongos entomógenos, algunos de ellos se han desarrollado a una escala mayor que la del nivel de laboratorio.

El medio utilizado por varios técnicos se combina con un medio ambiente adecuado para el crecimiento y esporulación, con una fácil preparación y bajo costo.

En el caso de los hongos, son preferibles, una combinación de una fase submergida (para una producción de micelio) y una fase superficial (para esporulación) para la producción industrial.

Uno de los medios más conocidos y más antiguos para el cultivo de los hongos es el producto conocido como gelosa glucosada Sabouraud, sin embargo este medio es muy caro, pero se utiliza mucho para el aislamiento de hongos en el laboratorio de investigación.

Los materiales no elaborados que más frecuentemente se usan para el cultivo de hongos entomógenos en cantidades considerables son: el camote, la papa, harina de maíz, avena, salvado, arroz, pan, frijol, melazas, rábano, ciruela, amasiado de cerveza, aserrín, caldo de carne, carne de puerco, excremento de perros, sangre, pez espada y arenque.

Los medios de cultivo se preparan con peptona, extractos vegetales, gelosa y

otros compuestos de composición desconocida o variable.

Forbes (2) en 1895, usó harina de maíz mezclada con caldo de carne para la propagación de *Beauveria bassiana*; Mc Coy y Carver (2) 1941, Dresner (2) 1949 y York (2) 1958, usaron salvado para propagar varias especies de *Beauveria*.

Fawcett (2) 1908, preparó su medio de acuerdo con el siguiente método: usó camotes que se lavaron, se pelaron y se volvieron a lavar, luego se pasaron a través de un molinillo de carne, y la masa fue lavada posteriormente con agua caliente, mientras el medio húmedo se esterilizó en autoclave a una temperatura de 110°C por 20 min.

Schaerffenberg (31) en 1959 produjo grandes cantidades de esporas de *Metarrhizium anisopliae* en un medio de gelosa arroz.

El cultivo en gran escala de hongos, así como el de bacterias, requiere de un buen conocimiento de las condiciones ambientales responsables de: germinación, crecimiento, esporulación, y la identificación de los factores nutricionales responsables. Estas condiciones se estudian fácilmente cuando el microorganismo en cuestión se desarrolla sin dificultades en un medio holídico, sin embargo se ha limitado en hongos entomógenos y se han realizado estudios en medios merídicos y oligídicos que faciliten el crecimiento de los hongos.

Mediante estos estudios, y prestando la debida atención a las condiciones ambientales y factores nutricionales, el crecimiento de hongos presenta menos problemas; algunos hongos se reproducen en subcultivos y bajo condiciones artificiales, pero otros muestran inestabilidad que se manifiesta como pérdida de la capacidad para formar conidios o estructuras reproductoras, pérdida del crecimiento vigoroso, o pérdida de alguna característica bioquímica, o pérdida de la habilidad para producir un metabolito determinado.

A veces se puede contrarrestar la pérdida de la capacidad de esporulación

o de producción de cuerpos fructíferos mediante exposición a la luz difusa, breve exposición a la luz solar o por un subcultivo en un medio deficiente en hidratos de carbono. Algunos hongos recuperan su capacidad de esporulación cuando se les proporcionan factores alimenticios accesorios y unos pocos responden a una presión osmótica elevada, la disminución de humedad también aumenta la producción de esporas.

Recientemente se ha descubierto que la anhidroglucosa es el ingrediente que se presenta en cantidades huella en la glucosa, que es responsable de la estimulación de la producción de conidios en algunas especies de hongos, y que se puede inducir la esporulación si se agrega CaCl_2 2.5% peso a volúmen en un cultivo sumergido.

Procedimientos de producción

La unidad fermentadora es tan importante como una unidad experimental en pequeña escala para poder trabajar a los patógenos sobre bases conocidas y de esta manera proceder a su producción en gran escala. Para ello es necesario llevar a cabo una previa investigación y de esta manera completar los conocimientos acerca del patógeno, su producción, y su comercialización.

Las técnicas de rutina a nivel de laboratorio se usan para la producción de pequeñas cantidades de bacterias y hongos para las pruebas de campo. Las técnicas de rutina a nivel de laboratorio se usan para la producción de pequeñas cantidades de bacterias y hongos para las pruebas de campo. Los productos finales son muy caros debido a la gran cantidad de trabajo manual involucrado, pero la operación se justifica si el valor del patógeno no es completamente conocido; por lo tanto en la investigación el costo no es un factor limitante. El procedimiento que se sigue es simple:

- a) Cultivo en cajas de Petri.
- b) Incubación.
- c) Siembra de esporas en el cultivo sumergido. Incubación.
- d) Separación de esporas por centrifugación.
- e) Lavado de esporas con agua destilada estéril.
- f) Secado de esporas.
- g) Recuento de esporas por muestra. Se prepara la muestra de acuerdo al método que se vaya a utilizar en la aspersión.
- h) Aplicación de las muestras y valoración de los resultados.

A medida que transcurre la investigación se llevan a cabo estudios microbiológicos y bioquímicos del proceso de manera que se pueda aumentar los rendimientos de crecimiento de esporas, y la eficacia de todos los procesos seguidos, para poder llevar a cabo una producción masiva. Una vez que el valor del agente microbiano para la represión de insectos ha sido definitivamente establecido, una planta piloto y eventualmente una planta de producción, que son vigiladas por laboratorios especialmente equipados para éste propósito, se planean para producir patógenos de insectos.

Existen algunos ejemplos en los que se tuvo éxito en la producción a gran escala de hongos entomógenos en cultivos superficiales para la producción de *Metarrizium anisopliae* en cultivos de arroz Korer (1910-1930)

Aunque el sistema que utilizó fue muy sencillo, en la actualidad la producción nivel de planta está caracterizada por sistemas sumamente mecanizados y los métodos de producción que se utilizan permanecen a las fermentaciones aeróbicas, puesto que son esporas de microorganismos aeróbicos las que tienen un alto potencial como insecticidas microbianos.

Los grandes recipientes usados para el cultivo de microorganismos en plantas

industriales se denominan fermentadores, la función del fermentador es proporcionar un ambiente óptimo para cada proceso microbiológico, en particular existen fermentadores aeróbicos y anaeróbicos, dependiendo principalmente de la proporción de aire y agitación que cada uno requiere.

El tipo de fermentador que se describirá será aeróbico, ya que los productos que se obtienen tienen un alto valor como insecticidas microbianos.

El tipo de fermentador aeróbico consiste en un vaso cerrado que se puede esterilizar, aerear, agitar y cuyo contenido puede tener temperatura regulada con un alto grado de exactitud, su forma es regularmente cilíndrica y su altura 50% y 100% mayor que su diámetro; los volúmenes de trabajo pueden variar desde 5 hasta 250 000 litros.

En toda la longitud del fermentador y perpendicularmente a sus paredes se distribuyen con un espacio regular unas placas deflectoras para regular el flujo del líquido denominadas baffles. Recorriendo el centro del fermentador se encuentra el árbol del agitador que lleva una o más palas según la altura del fermentador y la intensidad de la agitación que se requiera.

Mediante filtración el aire es esterilizado y pasa por una válvula a una velocidad máxima equivalente a un volumen de medio por minuto, para penetrar en el medio de cultivo por un inyector de aire situado en el fondo del fermentador. El exceso de aire sale finalmente a la atmósfera a través de un conducto largo que se esteriliza periódicamente.

Los caldos de fermentación a veces producen espuma, por lo tanto es necesario agregar antiespumantes, puesto que la acumulación de espuma causa una disminución en el OAR (grado de absorción de oxígeno) en la desnaturalización de proteínas y floculación de la bacteria.

Se pueden tomar muestras del medio a través de un tubo que posee dos vál-

vulas A y B situadas en el exterior del fermentador y que penetra ampliamente en el mismo hasta alcanzar la zona en la cual el caldo se encuentra en vigorosa agitación. Entre estas dos válvulas está conectada una línea de vapor que cierra esta sección del tubo y hace posible su esterilización después de tomar cada muestra, a la vez que introduce una barrera de calor que evita una posible contaminación.

Este mismo principio del cierre por vapor se utiliza para llevar a cabo otras conexiones estériles con el fermentador, con el fin de introducir nutrientes, agregar inóculo, agregar antiespumantes, o transferir caldo de un depósito a otro. Figura 8

La cosecha se realiza una vez que ha madurado la espora, puesto que existe crecimiento vegetativo simultáneo al crecimiento de esporas, el proceso deberá iniciarse una vez que, por medio de un frotis tomado de una muestra de cultivo, se observe que el cuerpo parasporal esté completamente formado.

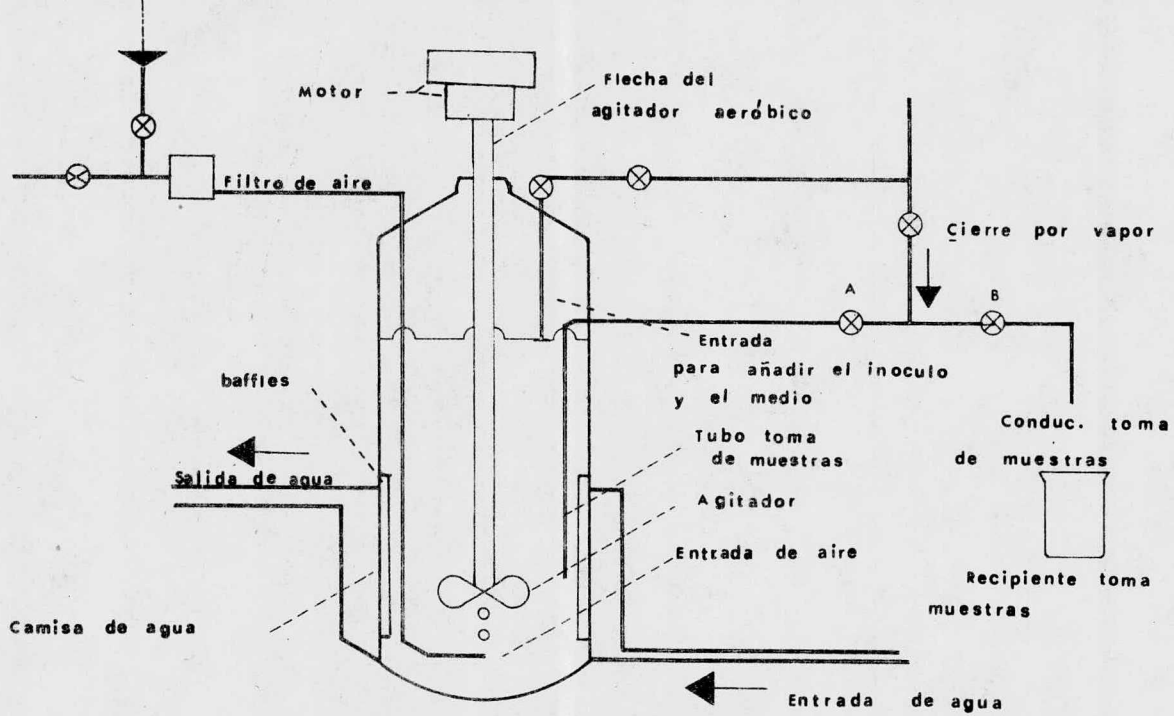
La separación de esporas se realiza por medio de centrifugación o filtración, entonces se secan y se formulan.

Una vez que se tienen las esporas secas se procede a preparar el insecticida ya sea con talcos o como polvos.

La introducción de insecticidas microbiales en el comercio requiere una previa estandarización para establecer la actividad de la preparación.

El método más frecuente es aquél que se basa en el número de esporas por gramo de producto, en el que se asume que cada espora es acompañada por un cristal; existen varios métodos para su determinación, uno de ellos es el recuento en placa, consiste en la cuenta de colonias en una placa de cultivo; otro método es una cuenta directa en un hematocímetro .

El uso de un ensayo biológico, es un atractivo futuro, éste indica la acción



Diseño de un fermentador

FIGURA 8

de la espora y la posibilidad de considerar que existe un cristal por espora.

La idea está basada en dos criterios: el primero considera un recuento de esporas variables por gramo; y el segundo es una evaluación de la acción del cristal tóxico *in vitro*, utilizando un sustrato de composición química conocida que se vea afectado por la acción del cristal, y de concentraciones conocidas de hialuronidasa y lecitinasa, pues se considera que los cristales actúan como una enzima.

IX USOS

El uso con éxito de enfermedades para el control de insectos depende de la Biología y características tanto de los insectos huéspedes, los microorganismos parásitos así como del medio ambiente.

Los datos proporcionados a través de los años de estudio de los entomólogos en todo el mundo han proporcionado una información amplia e interesante que ha permitido el desarrollo de trabajos prácticos para utilizar los microorganismos como supresores de plagas producidas por los insectos.

En el pasado, se definió el Control Microbiano como una simple forma de Control Biológico por la actualidad es necesario aclarar que en este control se utilizan las microorganismos o los productos de estos microorganismos, que puedan ocasionar enfermedades a los insectos.

El uso de microorganismos entomógenos se ha detenido debido al poco conocimiento que se tiene de los microorganismos en relación con sus huéspedes. Es por ello que en algunas ocasiones el empleo de un insecticida químico proporciona mejores resultados que un insecticida microbiano. Por lo tanto el entendimiento claro de la Patología de los insectos incluyendo algunos aspectos básicos de infección, especificidad del huésped, efecto de los factores ambientales, son requisitos para utilizar en un momento dado a los microorganismos entomógenos.

Estos parásitos se consideran como potentes insecticidas microbianos dependiendo de la ruta de invasión o de la producción de sus toxinas.

Modo de infección o Rutas de Invasión.

Se dividen en tres grupos de acuerdo a la forma de entrada del microorganismo al huésped:

- 1) Infección oral, cuando el organismo se introduce con la comida: bacterias, protozoarios, virus, y posiblemente algunos hongos.
- 2) Invasión a través del integumento o la tráquea, es la ruta más comunmente usada por los hongos.
- 3) Invasión parenteral, muchos microorganismos pueden invadir cuando ocurre algún trauma en el integumento, generalmente como resultado de una mordida por la oviposición de algún insecto parásito.

Especificidad de los Microorganismos.

Algunos hongos y bacterias cristalíferos muestran grandes variantes de patogenicidad en las diferentes especies de insectos que infectan.

El uso de determinado patógeno depende de la especificidad de los materiales infectivos; es de conocimiento general que algunos virus sólo demuestran especificidad por alguna especie, sin embargo nos encontramos que las bacterias son patógenas para varios insectos.

El estrecho rango de especificidad que presentan los insecticidas microbianos permite la protección de especies benéficas.

También una mezcla de insecticidas microbianos puede utilizarse y por lo tanto tener un rango más amplio de selectividad.

Ventajas y Desventajas de los Métodos de Control Microbiológico.

Ventajas.

- 1) Conocimiento detallado de la Biología, Ecología, Fenología y comportamiento del insecto.
- 2) Naturaleza inocua y no tóxica de los patógenos de insectos para otras formas de vida.

- 3) Alto grado de especificidad de la mayoría de los patógenos que tiende a proteger a los insectos benéficos.
- 4) El patógeno escogido debe ser seguro de usar, fácil de manejar, selectivo y suficientemente virulento para lograr la represión de su huésped.
- 5) Compatibilidad de muchos patógenos con insecticidas químicos de tal modo que los dos puedan ser usados en forma conjunta.
- 6) Selección de cepas resistentes.
- 7) El método de aplicación deberá proporcionar una acción persistente, ya que induce a la colonización de los microorganismos cuando el nivel de densidad del huésped es mayor que el nivel de iniciación de la enfermedad.
- 8) Compatibilidad de los insecticidas biológicos con los insecticidas químicos para lograr una represión temporal de las plagas de insectos, que se logra cuando el nivel de densidad del huésped es menor que el nivel de iniciación de la enfermedad.
- 9) La facilidad y bajo costo con que algunos patógenos pueden ser producidos.
- 10) La aparente lentitud mediante la cual el huésped susceptible desarrolla resistencia a un patógeno microbiano.
- 11) Las bajas dosis que en algunos casos se requieren para lograr el control.

Desventajas.

- 1) Conocimiento detallado de la Biología, Fenología, Ecología, y comportamiento del insecto.
- 2) Aplicar a tiempo y en forma cuidadosa los insectos infectados con fines de represión, cuando la enfermedad esté en periodo de incubación.
- 3) La marcada especificidad de la mayoría de los patógenos algunas veces disminuye el espectro de efectividad para sólo una especie de insectos, en casos donde varias plagas causan infección.

- 4) Necesidad de mantener al patógeno en condiciones de viabilidad, de alta virulencia, y en un estado de resistencia hasta el momento en que se vaya a usar.
- 5) Dificultad para producir patógenos en grandes cantidades y a bajo precio.
- 6) Dificultad en cultivos de plantas alimenticias al encontrar a los insectos adheridos al follaje de la planta huésped debido a la enfermedad.
- 7) Condiciones climáticas favorables para la infección.

Los beneficios derivados deben justificar el uso de los agentes microbianos.

Métodos de Transporte.

La transferencia de material infeccioso de un lugar a otro, ya sea en envío o por intercambio, se debe hacer usando métodos de empaçado y transporte que aseguren la viabilidad y utilidad de los microorganismos.

Para manejar microorganismos aislados que han sido cultivados en medios artificiales no hay muchos problemas, pero el medio de transporte debe ser rápido.

Cuando se trata de insectos muertos, el transporte no presenta mayores problemas.

En el caso de especímenes enfermos se pueden enviar por medio de correo o por express.

Material Usado.

Consiste en colocar los especímenes en forma individual en un vidrio limpio o en viales de plástico. Los viales deberán taparse adecuadamente para evitar o reducir la desecación, contaminación, o pérdida de material.

Cuando el envío es de hongos, el uso de tapones de algodón u otros tapones porosos reducirá el sobrecrecimiento de los organismos saprofiticos durante el trayecto.

El material enfermo no se debe colocar en preservativos o soluciones químicas de ninguna clase, ya que estos métodos inhiben el crecimiento del cultivo o afectan su uso.

El material enviado debe llevar la siguiente información:

- 1) Nombre común y científico del insecto y del patógeno (incluyendo cita autorizada).
- 2) Número de identificación del colector, si es que existe.
- 3) Nombre del colector.
- 4) Fecha y lugar de recolección.
- 5) Nombre del animal o planta huésped, o naturaleza del medio ambiente.
- 6) Grado del brote de la enfermedad y condiciones en las que ocurrió.
- 7) Abundancia o prevalencia del insecto.
- 8) Comportamiento anormal y apariencia de los insectos afectados.
- 9) Tratamiento con insecticidas, si es que lo hubo, o posibilidad de que el insecto haya estado en contacto con insecticidas químicos.
- 10) Observaciones generales de naturaleza ecológica o epizootiológica.

Usos de Estados Resistentes.

Para asegurar la supervivencia del material infeccioso durante la aplicación, o ingestión con el huésped susceptible, los microorganismos se aplican en su estado resistente.

Las bacterias y hongos, como esporas, o combinaciones de esporas e inclusiones de bacterias cristalíferas.

Si no se encuentran en sus estados resistentes, se usan en combinación con sacarosa, caseína, y mucina, que preservan la viabilidad de los estados infecciosos por tiempo razonable.

Técnicas de Aplicación.

Recientemente se aplican los microorganismos entomógenos a los cultivos, por medio de equipo terrestre y aéreo. Antes se recomendaba el uso de aspersiones, ya que en los laboratorios se preparaban de una manera fácil suspensiones del material infeccioso.

Otra técnica es el uso de los estados resistentes.

En la actualidad se usan polvos y granulados microbiales producidos comercialmente.

Ejemplo del modo de aplicación de las bacterias:

Deben ser aplicadas cuidadosamente en los sitios escogidos, donde se van a establecer sus colonias y se van a diseminar a través de la población de insectos. Deben ser aplicadas como un insecticida químico, cubriendo todo el cultivo con la concentración suficiente del microorganismo, para causar una elevada mortalidad en la especie del insecto que se desee.

Las bacterias se pueden aplicar en suspensiones de agua, emulsiones de aceite y agua, mezclas bacterianas con arcilla, y formulaciones granulares con arcilla.

El material escogido dependerá del tipo de insecto.

Dosis.

Se debe tener un producto estandarizado con el fin de que sean reproducibles los resultados.

Se aplican los siguientes métodos:

- 1) Un número definido de insectos por unidad de área.
- 2) Para la determinación de concentración, se usa un hematocímetro para saber la cantidad aproximada de formas resistentes (esporas de organismos que

las formen).

- 3) Han sido hechos recuentos de esporas viables de microorganismos que producen esporas y crecen fácilmente sobre medios artificiales por cultivo de diluciones conocidas de esporas en placas de gelosa.

Este método es muy efectivo, ya que además de la spora se pueden producir productos tóxicos por ej., cristales que intervienen en los procesos de intoxicación.

Un Congreso Internacional celebrado en Londres, en 1964, recomienda recurrir a un método biológico de titulación.

Se deben aplicar grandes cantidades del patógeno, ya que en muchos casos puede actuar como un veneno estomacal, siempre que se ingiera en grandes cantidades y haga que el insecto deje de alimentarse y muera.

En el caso de *Bacillus thuringiensis* Berliner, que es una de las bacterias más estudiadas y a la cual se le ha dado gran uso, las especificaciones a seguir son:

- 1) El microorganismo debe ser una cepa auténtica de *Bacillus thuringiensis* Berliner, conforme a las características morfológicas y bioquímicas descritas.
- 2) La preparación de esporas del *Bacillus thuringiensis*, se hará en un cultivo puro por procedimientos de fermentación, con una adecuada vigilancia durante la producción, para determinar un posible cambio o una posible contaminación con otros microorganismos.
- 3) Cada lote de esporas, antes de prepararse con otros materiales, será probado por inyección con un mínimo de un millón de esporas en cada uno de cinco ratones cuyo peso esté entre 17 y 23 gramos.

Estos ratones no presentarán ninguna manifestación de infección dentro de los siete días que siguen a la aplicación de la inyección.

Además de estas especificaciones, el insecticida deberá llevar en su empaque una leyenda que indique la cantidad de esporas en una determinada concentración, esto va de acuerdo al producto obtenido en la industria. Actualmente se aceptan de 2.5 a 7.5 mil millones de esporas por gramo en polvos o talcos, y de 25 a 100 mil millones de esporas por gramo en los polvos húmedos. Tabla 6

Epoca de Aplicación

Muchos patógenos de insectos tardan mucho en producir la enfermedad, y lo agrava que los insectos mueran; debido a ésto se prefieren los insecticidas químicos que tienen una acción más rápida. De esta manera se evitan daños excesivos a las plantas.

Sólo cuando se aplican bacterias cristalíferas por ej. *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* contra algunos insectos se tiene una aplicación comparable a los insecticidas químicos, ya que causan la muerte del huésped susceptible en forma tan rápida que algunas veces sólo necesitan un día.

Efectos de los Factores Físicos

La temperatura y humedad son los factores físicos más importantes que tienen un efecto directo sobre:

-) El patógeno en su sobrevivencia y habilidad para infectar.
-) El huésped en su susceptibilidad o resistencia.
-) El progreso de la infección dentro del huésped.

Los hongos que infectan a sus huéspedes a través del integumento, dependen en gran parte de las condiciones de humedad. La falta de humedad adecuada puede inhibir la formación o germinación de los estados infecciosos y prevenir la infección, aunque el huésped sea sumamente susceptible.

De este modo se ha establecido que los hongos entomógenos se pueden usar

TABLA 6

GRUPO	PATOGENO	NOMBRE COMERCIAL	ORIGEN
BACTERIA	<i>Bacillus lentimorbus</i>	Japidemic	Ditman Corp., USA
	<i>Bacillus popilliae</i>	Doom	Fairfax biological Labs. USA
	<i>Bacillus sphaericus</i>	-----	International Minerals Chemical Corp. USA.
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Agritrol	Merck and Co. USA.
		Bakthane L 69	Rhomand Hass Co. USA
		Bactospeine	Pechiney Progil Lab. Roger Ballon. France.
		Bathurin	Chemapol, Biokrma Czechoslovaquia
		Biospor 2802	Farwerke Hoechst Germany
		Biotrol BTB	Nutilite Products Inc., USA.
		Dendrobacillin	Moskovs, Zavod. Bakt. Preparatov Atov UUSRR
		Entobakterin	All Union Institute Plant Proteccion USRR.
		HD-1 (Exp.)	Abbot Labs. USA
		Parasporin	Grain Processing Corp. USA
		Sporeine	Laboratoire LIBEC. France
		Thuricide	IMC., USA
HONGO	<i>Beauveria bassiana</i>	Biotrol FBB	Nutilite Products. USA
	<i>Metarrhizium anisoplae</i>		I.M.C. USA.

para el control de insectos en zonas donde se presentan lluvias frecuentes o se tenga humedad adecuada. Las bacterias, por el contrario, están poco influenciadas por las condiciones de humedad; como infectan a sus huéspedes por ingestión, pueden permanecer en sus estados resistentes hasta que son ingeridas, después de lo cual los tejidos y los fluidos corporales de los huéspedes susceptibles ofrecen los medios necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Las condiciones del medio ambiente favorecen tanto al huésped como al patógeno.

Otro factor importante en el control de insectos es la temperatura. Aunque las variaciones de temperatura parecen no tener una gran influencia sobre la acción de las bacterias patógenas, es importante en la infección, durante las diferentes etapas de desarrollo del insecto.

Compatibilidad con Otros Materiales.

No se tiene mucha información sobre el uso de aditivos que adicionados a las preparaciones actúen contra los insectos.

En el pasado se usaron materiales estándar humectables y adherentes como harina, polvo de leche desnatada, y la albúmina de la sangre, junto con agentes microbianos.

En años recientes se han usado nuevos aditivos superficiales en la aplicación de asperciones de patógenos de insectos, así como agentes humectantes secos en polvos comerciales que contienen *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* para ayudar en la suspensión de los materiales.

Se ha comprobado que muchos de estos agentes no tienen efectos dañinos sobre los microorganismos. Los aditivos pueden aumentar la efectividad de los microorganismos mejorar su aplicación en la retención sobre el follaje.

Resistencia

Todavía no se cuenta con el conocimiento suficiente para determinar la resistencia a los patógenos, debido a que las pruebas de campo han sido de alcance muy limitado y se conoce poco de la naturaleza de resistencia natural o adquirida de los insectos a las enfermedades (Hall (31), 1961). Hasta ahora no se sabe de insectos que hayan desarrollado resistencia a las infecciones de aplicaciones de patógenos, ya que no se ha logrado que se usen en forma comercial.

Aunque se conoce la existencia de inmunidad de los insectos, hasta ahora este conocimiento ha sido muy escaso y los métodos de desarrollo de una posible resistencia no han sido estudiados; sin embargo existe la posibilidad de que la resistencia se presente, pero se espera que esto no ocurra rápidamente.

→ La resistencia a los insecticidas químicos hace suponer que en el caso de las toxinas se puede presentar más fácilmente este fenómeno debido a que se usan muy frecuentemente y existen algunos insectos que reaccionan variablemente a la acción de la toxina, pero esto no limita el uso de los insecticidas microbianos.

El uso de los microorganismos ha sido en gran parte responsabilidad de las industrias con experiencia en el cultivo masivo de éstos, y el producto obtenido debe de estar de acuerdo a un programa de control de insecticidas, de tal manera que su acción en el campo quede garantizada.

El insecticida es sometido a un riguroso control de estandarización, y a un estudio toxico-lógico y bacteriológico, y de acuerdo al microorganismo, existen ciertas especificaciones que han sido establecidas.

Persistencia en el Campo: Efecto Residual.

La persistencia en el campo se refiere a la habilidad de los microorganismos para sobrevivir por medio de una diseminación de la infección en generacio-

nes de huéspedes subsecuentes,

Se aplica este término cuando se trata de microorganismos colonizados para un control prolongado.

La actividad residual se refiere a los microorganismos aplicados para una reducción rápida de poblaciones de insectos.

No es importante cuando se aplica material muy patógeno para el control de un insecto muy susceptible, que sólo desarrolle una generación, durante el periodo de crecimiento del cultivo, ya que se puede perder la habilidad para sobrevivir.

El efecto de duración de las bacterias puede ser corto, debido a que caigan del follaje los insectos muertos y no haya un incremento de los estados infecciosos en la superficie de la planta.

Para esto son importantes dos factores:

- a) relación huésped-parásito
- b) los factores físicos.

Selección del Patógeno para su Uso en el Campo.

Depende de lo siguiente:

- 1) Conocimiento de las enfermedades del insecto.
- 2) Características del patógeno.
- 3) Necesidades del programa de control

Puede ser que no se reconozcan las enfermedades del insecto y sólo realizando pruebas de laboratorio tal vez se encuentre un patógeno no específico que lleve a cabo el control, y aún así puede ser que no se logre la represión de la enfermedad infecciosa del insecto en el campo debido a que no se pueda adaptar al medio ambiente.

X CONTROL BIOLÓGICO EN MEXICO

El Control Biológico en México se ha desarrollado por medio de numerosos programas que se han enfocado principalmente a combatir los insectos-plaga del algodón y de los cítricos. Hasta ahora se han utilizado enemigos naturales que son principalmente parásitos.

Desde 1949 se presentó atención a los problemas que presentaron los insectos-plaga, pero fue hasta 1951 cuando con el establecimiento de la Dirección General de Defensa Agrícola se inició un estudio intensivo acerca de la posibilidad de emplear el control biológico en México.

A partir de entonces se incrementaron las investigaciones y el primer insecto que se combatió biológicamente fue la mosca de la fruta, por medio de sus enemigos naturales del género *Opilus* (1954).

En estos años la posibilidad de extender el uso de enemigos naturales en contra de los insectos-plaga se estimuló por los éxitos obtenidos en el combate a la mosca de la fruta y de la mosca prieta y en este tiempo se mencionó el posible uso de parásitos en contra de las plagas del algodón.

Es hasta 1966 cuando el uso de parásitos en contra de las plagas del algodón se hizo efectivo. El uso de bacterias y hongos se limita a estudios de investigación, sin embargo su aplicación en zonas agrícolas de importancia no se menciona. **Tabla 7**

Al igual que en otros lugares, el estudio se dirige principalmente al uso de *Bacilo thuringiensis*.

En México el control biológico se ha limitado a la mosca de la fruta y de las plagas del algodón, aunque se ha visto que algunos de los parásitos que se utilizan atacan a lepidópteros dañinos para el maíz. **Tabla 8**

Los parásitos y predadores son producidos en México, en diferentes lugares de la República, que se han distribuído de acuerdo a la necesidad agrícola de nuestro país; en estos lugares se cuenta con el equipo necesario de investigación y producción. Figura 9

En algunas ocasiones se han presentado programas de colaboración con algunos países, como Estados Unidos, para alcanzar una lucha contra plagas y enfermedades que son dañinas en ambos países.

Estos programas proporcionan una ayuda mutua que permite el mejoramiento de los procedimientos empleados en cada lugar, sin embargo el clima, junto con otros factores en algunas ocasiones limita el uso de determinado organismo en algunas regiones.

En la actualidad el control biológico en México ha sido aplicado sólo en ciertas regiones agrícolas, sin embargo, el avance de los estudios y las investigaciones en toda la República incrementará notablemente el combate de los insectos por medios biológicos.

Protección Biológica de las Cosechas en México

La S.A.R.H. distribuye alrededor de 25 mil millones de insectos benéficos al año en más de 3 millones de hectareas de temporal y riego para proteger los cultivos básicos y de exportación de la acción perjudicial de las plagas que afectan las cosechas de granos y hortalizas

En el país funcionan 16 Centros Reproductores de Insectos Benéficos que luego se liberan para el combate de plagas del maíz, hortalizas, algodón, trigo, caña de azucar y cítricos.

La protección de las cosechas mediante combate biológico se considera como un complemento de la aplicación de plaguicidas e insecticidas para el combate de plagas.

En Huasave, Sin. opera un Centro Reproductor de insectos benéficos que proporcionan 5 mil millones de insectos al año.

En el país mediante este método se protegen 230 mil hectáreas de algodón y unos 60 millones de árboles productores de cítricos. El algodonoero es el que absorbe aproximadamente el 50% de los 1500 millones de pesos que anualmente se invierten en plaguicidas.

Todo lo anterior fue señalado por el Ingeniero Eleazar Jiménez, Jefe del Departamento de Control Biológico de la Dirección General de Sanidad Vegetal, quien también aseveró que México se encuentra a la altura de los países más avanzados que han logrado reproducir insectos benéficos para proteger los productos agrícolas (marzo 26 de 1977).

Tabla 7

Control microbiológico, uso de bacterias y hongos.

Sólo investigaciones

Año	Parásito	M. O.
1953	Picudo del maíz	Hongo (desconocido)
1959	Gusano de la col Pieris elodia	Bacilo thuringiensis
1961	Gusano Hipantria cunea	Bacilo thuringiensis
1962	Anagasta Kuniella palomilla del maíz	Bacilo thuringiensis
*1962	Conchuela del frijol	Bacilo thuringiensis

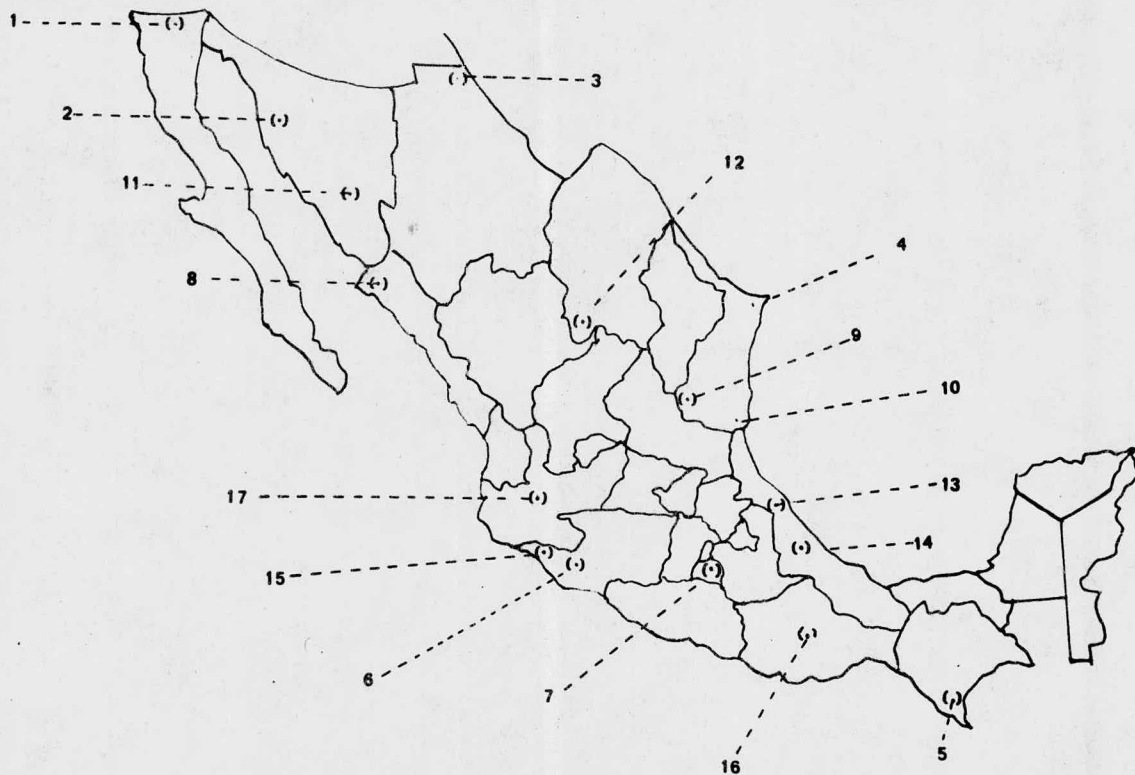
*La pureza en el laboratorio fue exitosa, su aplicación en el campo fue negativa.

Año	Cultivo	Insecto-Plaga	Parásito utilizado en el control	Lugar
1949	Cítricos	Aleurococcus woglumi	Prospaltella opulenta Eretmocerus serius	Tamazuchale S.L.P.
1954	Cítricos	Anastrepha app.	Opius Longicautus	Noroeste de México
1956	Cítricos	Aleurococcus woglumi	Prospaltella opulenta Amitus hesperidum	Se extiende a todas las regiones afectadas en la República.
1956	Cítricos	Anastrepha spp.	Prospaltella clypealis Opius longicautus Syntomas phurumindicum Pachycrepoides vindemmiae	
1963				
1968	Algodón	Heliothis spp. (1)	Trichogramma spp.	Comarca Lagunera
1963	Algodón	Pectinosphora gossypiella (2)	Trichogramma spp.	Comarca Lagunera
1963	Algodón	Anthonomus grandis (3)	Trichogramma spp.	Comarca Lagunera
1968				
1975	Algodón	(1), (2), (3).	Trichogramma spp.	Se extiende en toda la República y se complementa con I. Químicos
1968	Maíz	Heliothis spp.	Trichogramma spp.	Comarca Lagunera
1968	Algodón	Pectinosphora gossypiella	Trichogramma spp.	Caborca, Son

CENTROS DE REPRODUCCION DE PARASITOS Y PREDADORES DE

INSECTOS EN MEXICO

1. Mexicali, Baja California
2. Caborca, Son.
3. Ciudad Juárez, Chih.
4. Matamoros, Tamps.
5. Tapachula, Chis.
6. Apatzingan, Mich.
7. Cuernavaca, Mor.
8. Guasave, Sin.
9. Ciudad Victoria, Tams.
10. Villa Gonzales, Tams.
11. Hermosillo, Son.
12. Torreón, Coah.
13. Martínez de la Torre Ver.
14. Jalapa, Ver.
15. Tecomán, Colima
16. Oaxaca, Oax.
17. Guadalajara, Jal.



CENTROS DE PRODUCCION DE
 PARASITOS Y PREDADORES EN LA REPUBLICA MEXICANA

FIGURA 9

XI CONCLUSIONES.

Los insectos son un grupo muy poderoso, que se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, algunos de estos insectos causan grandes problemas al hombre, puesto que son parásitos de plantas, animales y del hombre mismo.

Afortunadamente, en la actualidad contamos con una gran variedad de métodos para combatirlos y entre ellos uno de gran importancia es el combate microbiológico.

Las bacterias, así como los hongos, forman parte esencial de este combate, los resultados científicos y técnicos que se han logrado en ciertos casos y el aprovechamiento de la potencialidad de estos microorganismos como causantes de enfermedades en los insectos, abre un nuevo campo de estudio en la Entomología.

La lucha microbiológica plantea nuevos problemas a medida que se profundiza más, sin embargo, la investigación aplicada y la técnica desarrollada, relacionadas con el método microbiológico, permiten la superación de estos problemas y el uso de diferentes microorganismos en la producción de insecticidas.

La producción de insecticidas microbianos se ha ido incrementando a medida que pasa el tiempo, las ventajas que estos insecticidas presentan han permitido que su uso se extienda y por lo tanto la situación del hombre ante los insectos plaga presenta menos problemas para su combate. Hasta ahora los insecticidas microbiales se han usado principalmente en los campos agrícolas y los resultados obtenidos han sido satisfactorios en la mayoría de los casos. Es por ello, que aún sabiendo que muchos factores pueden influenciar la efectividad de los agentes microbiales, los beneficios derivados justifican el uso de estos insecticidas.

Es posible esperar que las investigaciones en todo el mundo proporcionen muy pronto nuevas armas para proseguir con el combate microbiológico y de esta

manera aprovechar los beneficios que la naturaleza le proporciona al hombre.

G l o s a r i o

A

Aerobio. Organismo que requiere de oxígeno libre

Agar-Agar.- Extracto seco de polisacáridos de algas rojas (Rodofíceas) que se utiliza como agente de solidificación en los medios de cultivo microbiológicos. Comúnmente se denomina agar.

Anaerobio.-Organismo que crece en ausencia de oxígeno molecular.

Anaerobio facultativo.- Organismo que puede crecer en condiciones aerobias o anaerobias.

Apical.- Situado en un extremo o próximo a él.

Asca.- Organo en forma de bolsa, característico de los ascomicetos, en el que se forman las ascosporas.

Ascospora. Espora sexual característica de los ascomicetos. Se produce en un aparato o receptáculo llamado asca después de la conjugación de dos gametas.

Axénico.-Se aplica este calificativo al cultivo en el que un organismo de una sola especie (bacteria, hongo, alga o protozoo) crece en un medio sin otro organismo vivo

B

Bacillus.- Género de bacterias de forma cilíndrica o de bastón género de la familia Bacillaceae.

Basidio.- Célula diferenciada de forma ensanchada de los Basidiomicetos sobre la cual se encuentran las basidiosporas exógenas.

Basidiospora. Espora sexual que se origina por la conjugación de dos gametas en un aparato especial en forma de maza denominado basidio.

Blastospora. Espora producida por gemación a lo largo del micelio o en una espora especial.

C

Cenocítica. Término que se aplica a una célula o una hifa no tabicada que contiene numerosos núcleos.

Cepa ("stock") (cultivo). Especie de microorganismos de caracteres conocidos que se conserva cultivado en el laboratorio para determinados ensayos y experimentos.

Clamidosporas.- Espora de pared gruesa, resistente, que se forma por diferenciación directa del micelio, en la que hay materiales nutritivos y protoplasmáticos.

O bien, las células de las hifas aumentan de tamaño y se rodean de paredes gruesas. Estas esporas asexuales son resistentes a condiciones ambientales desfavorables y germinan cuando las condiciones se vuelven favorables.

Conidios o Conidias.- Son esporas asexuales producidas por hifas especializadas (llamadas conidióforos) mediante "estrangulamientos" sucesivos en el punto de unión. Los conidios pequeños y unicelulares son llamados microconidios, en tanto que los conidios pequeños y unicelulares son llamados microconidios, en tanto que los conidios grandes, a menudo multicelulares, se denominan macroconidios.

Conidióforo.- Ramificación del micelio que lleva las conidias.

Cultivo.- Población de microorganismos que crece en un medio nutritivo.

Cultivo axénico.- Es la cría de uno o más individuos de una sola especie en un medio no vivo.

Cultivo puro.- Cultivo que sólo contiene una especie de microorganismos, puro igual a axénico.

Cultivo sinxénicos.- Cultivos de organismos asociados con una o más especies conocidas.

Cultivo xénico.- Asociación de especies desconocidas con una especie de interés.

D

Desecación.- Eliminación de agua. Se aplica como medio de preservación.

DI.- Dosis infecciosa. Número de microorganismos que se requiere para infectar un huésped.

DI₅₀.- Dosis (número de microorganismos) que infecta al 50% de los animales de laboratorio en una serie de ensayos.

Dilución.- Acción de aumentar la proporción de disolvente o diluyente al soluto o partículas interpuestas; por ej. las células bacterianas.

DL.- Dosis letal. Número de microorganismos patógenos que se requieren para causar la muerte en una especie animal o vegetal determinada.

DL₅₀.- Dosis (número de microorganismos patógenos) que causan la muerte del 50% de los animales de laboratorio en una serie de ensayos.

E

Ecología.- Estudio de las influencias y reacciones recíprocas entre los organismos y el medio en que viven.

Endospora.- Espora de pared gruesa que se forma en el interior de las células bacterianas.

Endotoxina.- Toxina que se produce en el interior de los organismos y que no se libera hasta que los organismos se desintegran.

Enterotoxina.- Toxina específica para el intestino. Provoca síntomas de envenenamiento alimenticio.

Enzima.- Catalizador orgánico producido en el interior de un organismo.

Epidemia.- Persistencia excepcional o aparición súbita de una enfermedad en una comunidad. O bien, enfermedad infectiva que, al mismo tiempo y en el mismo lugar, ataca gran número de individuos sometidos al mismo tipo de contagio.

Epizootia.- Enfermedad que ataca simultáneamente gran número de animales de la misma o de diferentes especies.

Endémico.- Peculiar de una comunidad o comarca, o que ocurre habitualmente en ellas.

Especie.- Subdivisión de un género: población de individuos iguales.

Espora.- Forma corpuscular resistente que forman algunos microorganismos; células resistentes con vida latente; órgano reproductor primario monocelular.

Esporangio.- Receptáculo cerrado dentro del cual se forman las esporas asexuales por división.

Esporóforo. Rama diferencial del micelio sobre la cual se producen las esporas.

Esporas asexuales.- Cuando no se verifica una fusión de gametas para su formación.

Esporas sexuales.- Cuando se fusionan las gametas para su formación.

Esporangióforo.- Rama diferencial del micelio que sostiene el esporangio.

Esporulación.- Producción de esporas.

Etiología.- Estudio de las causas de la enfermedad.

Eucariótica.- Célula que tiene entre otras características la membrana nuclear bien definida.

Exoenzima.- Enzima que se segrega por un microorganismo al medio externo; también se denomina enzima extracelular.

Exotoxina.- Toxina que un microorganismo excreta al medio circundante.

F

Fermentación.- Oxidación anaerobia de los hidratos de carbono y compuestos hidrocarbonados semejantes, por la acción enzimática de los microorganismos; en este proceso aportado de energía no interviene el oxígeno gaseoso.

Fisiología.- Estudio de los procesos biológicos en los seres vivos.

Fisión.- Proceso de reproducción asexual de algunos microorganismos; división transversal de las células bacterianas.

Fisión binaria.- Proceso de multiplicación en el que solamente se divide el núcleo, seguido de la segmentación del citoplasma, para formar dos células hijas de igual tamaño.

G

Gametangio.- Estructura en la que se producen los gametos.

Gameto.- Células reproductoras, que pueden ser masculinas o femeninas, las cuales al unirse dan origen al cigoto que evoluciona produciendo un nuevo individuo; célula sexual.

Gemación.- Modalidad de reproducción asexual característica de las levaduras, que consiste en la formación de una nueva célula por desarrollo de un brote en la célula progenitora.

Glucosa.-Hidrato de carbono, monosacárido; hexosa, dextrosa o azúcar de uva. Se utiliza como fuente energética por muchos microorganismos.

H

Habitat.- Medio ambiente natural de un organismo.

Hifa.- Filamento o fibra de un micelio. O bien: largos filamentos ramificados (en el que cada filamento es una hifa).

Hifas septadas o tabicadas. Hifas divididas por tabiques transversos que constituyen cadenas de células.

Hongos.- Plantas talofitas, sin clorofila, de estructura filamentosa; mohos.

Hongos imperfectos.- Sólo producen esporas asexuales y no tienen desarrollo esporular sexual conocido que de lugar a estructuras tan especializadas que se encuentren en otras clases de hongos.

Huésped.- Planta o animal que alberga a un organismo como parásito o como agente infeccioso

I

Incubación.- (Periodo de incubación). Tiempo que transcurre entre la exposición a una infección y la aparición de los síntomas de enfermedades; o tiempo que tardan en desarrollarse los microorganismos sembrados en un medio de cultivo.

Infección.- Estado patológico debido al desarrollo de microorganismos en un huésped.

In vitro.- En vidrio. Se dice de los experimentos de laboratorio que se efectúan en tubos de ensayo u otros utensilios.

In vivo.- En el organismo vivo. Se dice de los experimentos que se llevan a cabo en el interior de organismos vivos.

L

Levaduras.- Hongos monocelulares que no presentan caracteres típicos de micelio.

M

Medio de cultivo. Composición empleada para proporcionar elementos nutritivos en el crecimiento y multiplicación de los microorganismos.

Medio holídico.- Son los medios en los cuales los constituyentes que los forman, aparte de los materiales inertes purificados, tienen una estructura química conocida antes de formar el compuesto.

Medio merídico.-Son los medios compuestos de una base holídica, a la cual se agrega por lo menos una sustancia o preparación de estructura desconocida o de pureza incierta.

Medio oligídico.- Son los medios en los cuales los materiales orgánicos no elaborados proporcionan la mayoría de los requerimientos dietéticos.

Micelio.- Filamentos fibrosos, ramificados o reticulares, que constituyen la estructura vegetativa de los hongos.

Micelio aéreo.- Es la parte del crecimiento que se proyecta sobre la superficie del sustrato.

Micelio vegetativo.- Es la parte del crecimiento que penetra en el sustrato y absorbe los alimentos.

Micelio reproductivo.- Se llama así cuando las esporas se originan en el micelio aéreo.

Micra.- Unidad de medida de longitud: 1/1000 mm. Se designa comúnmente por la letra griega μ .

Microorganismo. Forma vital de dimensiones microscópicas.

N

No tabicado.- Filamento sin paredes transversales.

Núcleo.- Estructura fundamental de la célula que contiene los cromosomas.

O

Orden.- En taxonomía grupo de familias.

P

Parásito.- Organismo que se nutre a expensas de un huésped vivo, vegetal o animal. No es necesario que sea patógeno.

Patógeno.- Que causa enfermedad.

Producción masiva.- Es la producción con un mínimo de trabajo y espacio del número máximo de hembras fértiles de una especie entomógena dentro de un periodo de tiempo y tan barato como sea posible.

Protoplasma.- Sinónimo de materia viva, o sustancia viva de la célula; comunmente se refiere a la sustancia incluida en el interior de la membrana citoplásmica.

Q

Quitina.- Polisacárido que contiene nitrógeno, que forma parte del tegumento que cubre el cuerpo de los insectos.

Reproducción sexual.- Proceso reproductor en el que se unen dos células sexuales (gametos) dando origen a una célula fértil.

T

Tabicado.- Que contiene paredes transversales como algunos micelios.

Tabique.- Pared transversal en un filamento de hifas.

Taxonomía.- Clasificación de los organismos, basada en lo posible en las relaciones naturales.

V

Vegetativo (Estado).- Fase biológico de desarrollo activo, por oposición al estado de reposo o latencia de las esporas.

Viable.- Que puede vivir.

Z

Zigospora.- Espora resultante de la fusión de dos gametos semejantes.

Bibliografía

- 1 Alexopoulos Constantine J., S.H. Sun, 1962, *Introducción y Micología*. 2a Ed. Wiley International, pag 3-44, 100-492.
- 2 Bach Paul de, 1975, *Control Biológico de Plagas de Insectos y Malas Hierbas*. 3a. Reimpresión, CECSA, (Méx).
- 3 Baird, A.B. 1958. Field Experiments with *Pseudomonas aeruginosa* Migula to control grasshoppers. *Canadian Entomology*, 90: 89-91.
- 4 Cuevas Ramos G. 1975. Evaluación de la acción entomofoga de agentes microbianos sobre el insecto *Heliotis virescens* Fabricus en su primer estadio larval, Tema de Tesis, Monterrey N.L.
- 5 Dulmage, H. 1970. Insecticidal activity of HD-1, a new isolats of *Bacillus thuringiensis* varalesti *Jour. Invert. Pathol* 15: 232 - 239.
- 6 Enciclopedia de Ciencias Naturales 1967. Fascículo 51:803-812; 52:829-832 y 53:833-847. Editorial Bruquera S.A. Barcelona España
- 7 FITOFILO, 1954-1974. Boletín Informativo S.A. y G. Dirección General de Sanidad Vegetal, México D.F.
- 8 FRYE, R.D., C.G. Scholl, F.W. Scholz and B.R. Funke. 1973. Effect of weater on a microbial insecticide. *Jour. Insect. Pathol.* 22:50-54.
- 9 GABRIEL, P.B. 1959. Fungus infection of insects via the alimentary tract. *Jour. Insect. Pathol.* 1:319-330.
- 10 Galichet, P.F. 1968. Lucha Microbiológica contra los insectos. XVIII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el avance de la Ciencia. Caracas Venezuela. 19-25 Mayo de 1968
- 11 Geomundo. Agosto de 1977. Editorial América S.A. Vol 1, No. 2 pag 170-181 (Méx).
- 12 Grant, St. J. E. Sharpe, and R.A. Rhodes. 1970 Growth Pattern *Bacillus popilliae* in Japanese Beetle Larvae. *Jour. Invert. Pathol* 15:240-246.
- 13 Hall, I.M. 1954. Studies of microorganisms pathogenic to the sod webworm. *Hilgardia* 22(15):535-563.

- 14 Kaya, H.K 1975. Persistence of Spores of *Pleistophora schubergi* (Microsporidia) in the field and their application Microbial Control. Jour Invert. Pathol. 26:329-332.
- 15 Heimpel A.M. and T.A. Angus. 1960 Bacterial Insecticides. Bacterial Rev. 24:266-288.
- 16 Louloudes, S.J. and A.M. Heimpel. 1969. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* toxics crystals in larvae of Silkworm *Bombyx moris*. Jour-Invert. Pathol.
17. Mc. Graughey. W.H. 1976. *Bacillos Thuringiensis* for controlling three species of moths in stored grain. Can. Ent. 108 (1):105-112.
- 18 Mc Ewen, F.L. 1959. Microbial control of two cabbage insects. Jour. Insect. Pathol. 1:86-94.
- 19 Metcalf, L.C. and P.W. Flint. 1962. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. 4a. Edición. Compañía Editorial continental.
- 20 Morris, O.N. 1976. Two year study of the efficacy of *Bacillus thuringiensis* chitinase combinations in spruce budworm control Can Entomol. 108(3):225-233.
- 21 Olson Daniel and David Pimentel 1974. Evolution of resistance in a host population to attacking parasite. Environ Entomol 3(4):621-624. (USA)
- 22 Pelczar Jr. M.J. y R. Roger. 1966. Microbiología 2a. Edición, Mc. Graw-Hill, 945 pags.
- 23 Prescottt, W.C. and C.G. Dunn. 1959. Industrial Microbiology, 3a. Edición Mc. Graw. Hill Book, (New York)
- 24 Rockwood, L.P. 1950. Entomogenous Fungi of the Family Entomophtora ceae in the Pacific Northwest. Jour Economi Ent. 43(5): 704-709.
- 25 Rodhes A y D.L. Fletcher. 1969. Principios de Microbiología Industrial, Editorial Acribia, pp. 1-98; 131-155 (Esp).
- 26 Simmonds, F.J. 1959, Biological Control. Past, Present and Future. Jour Econ Entomol. 52(6): 1099-1102.

- 27 Smith, H.S. 1935. The role of biotic factors in the determination of population densities. Jour Econ. Ent. 28:873-898.
- 28 Splittstoesser D.F. and K.H. Steinkraus. 1962. Factors influencing germination and out growth of *Bacillus popillae* Spores. Jour of Bact. 84:278-282.
- 29 Steinhaus, E.A. 1949. Principles of Insect Pathology. Mc. Graw Hill Book Inc. 757 pags. New York.
- 30 Steinhaus, E. 1959. *Serratia marcescens* Bizio as an insect pathogen Hilgardia 28:351-380
- 31 Steinhaus, E.A. 1964. Insect. Pathology and Advanced treatise Academic Press New York 789 pags.
- 32 Sunderland. K.D. 1974. The dut of some predatory arthropods in cereal crops J. Appl. Ecol 12(2) 507-516
- 33 Tamaki Grand J.V. Meguire 1974. Predator power and Efficacy a model to evaluate their impact. Environt. Entomol 3(4):625-630.