



***REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE *Beauveria bassiana* Y *Bacillus thuringensis*, EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE LEPIDÓPTEROS EN FORRAJES GANADEROS***

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA  
TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE 2018**



***REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE *Beauveria bassiana* Y *Bacillus Thuringensis*, EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE LEPIDÓPTEROS EN FORRAJES GANADEROS***

**JESICA FULA SANDOVAL  
NORIDA DAYANI VASQUEZ MUR**

**Asesora interna:  
LIGIA CONSUELO SANCHEZ LEAL M.Sc.**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA  
TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ D. C., OCTUBRE 2018**

## DEDICATORIA

*A Dios por fortalecerme e iluminar mis pasos y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte, guía y compañía durante todo el periodo académico, a mis padres María Raquel Sandoval y Rafael Antonio Fula, por ser el pilar fundamental en mi vida, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y ejemplos de perseverancia y constancia, todo esto se logró gracias a su motivación constante, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, a mis hermanas Kary, Dolly y Kathe, por la paciencia y sus palabras que me fortalecieron en los momentos adversos y por las alegrías que compartimos.*

Jesica Fula Sandoval

*A Dios gracias por permitirme llegar hasta aquí y poner en mi camino personas que día a día me aportaron académicamente y personalmente, a mis padres Margarita Mur y Luis Vasquez por su apoyo incondicional esfuerzo y amor, a mi esposo Edwin por su inmenso amor y por estar siempre de mi mano en este proceso, a mi hija Abby por darme la fortaleza de ser mejor cada día y ser ejemplo para ella, a mi hermano Edwin por todos sus consejos y palabras de aliento en los momentos que sentí desfallecer, a mis amigas, por todos los momentos de alegría y apoyo y a mis maestros por todas sus enseñanzas que me edificaron para lograr ser una profesional integral.*

Norida Dayani Vasquez Mur

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradecemos principalmente a Dios y nuestras familias quienes dirigen y forjan nuestros caminos para ser personas de bien y competentes en la sociedad. A aquellos maestros, que marcaron cada etapa de nuestro camino académico, especialmente a la asesora de trabajo de grado Ligia Consuelo Sánchez Leal, por creer en nosotras y acogernos a mitad de camino en este proceso, por su dedicación apoyo, comprensión brindada y conocimiento compartido.*

*A nuestros amigos, compañeros y futuros colegas gracias por su apoyo, palabras de aliento y por los momentos vividos.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES .....	15
2. MARCO REFERENCIAL.....	32
2.1. Pastos y forrajes ganaderos .....	32
2.1.1. Descripción botánica Gramíneas .....	32
2.1.2. Clasificación de forrajes ganaderos .....	33
2.1.3. Componentes nutricionales de los forrajes ganaderos.....	37
2.1.4. Principales gramíneas en Colombia.....	39
2.1.5. Factores que influyen en la producción .....	40
2.1.6. Plagas de forrajes ganaderos y su control .....	42
2.1.7. Efectos adversos de los plaguicidas .....	43
2.2. Lepidópteros .....	44
2.2.1. Familia Noctuidae.....	45
2.3. Control de Lepidópteros.....	52
2.3.1. <i>Beauveria bassiana</i> .....	54
2.3.2. <i>Bacillus thuringensis</i> .....	59
2.4. Uso de control biológico en Colombia.....	63
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	65
3.1. Tipo de investigación .....	65
3.2. Universo.....	65
3.3. Población de estudio.....	65
3.4. Muestra.....	65
3.5. Métodos.....	65
3.5.1. Revisión de la información existente .....	65

3.5.2. Selección del material bibliográfico de acuerdo a la temática a tratar	66
3.5.3. Estructuración coherente del documento .....	66
4. RESULTADOS .....	67
FASE 1. Búsqueda y revisión de la información .....	67
Fase 2. Selección del material bibliográfico .....	67
Fase 3. Organización lógica del documento .....	68
5. DISCUSIÓN .....	76
6. CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	86

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica Gramíneas .....	33
Tabla 2. Gramíneas de clima frío. Del autor.....	33
Tabla 3. Gramíneas de clima medio y cálido. Del autor .....	35
Tabla 4. Clasificación según su crecimiento. Del autor.....	36
Tabla 5. Componentes nutricionales de los forrajes (28) .....	37
Tabla 6. Principales forrajes ganaderos en Colombia (33). Modificado por el autor.....	39
Tabla 7. Lepidópteros considerados plaga en forrajes ganaderos (3).....	45
Tabla 8. Clasificación taxonómica <i>Mocis latipes</i> (51).....	46
Tabla 9. Hospederos más importantes de <i>Mocis latipes</i> . Del autor .....	46
Tabla 10. Morfología de <i>Mocis latipes</i> . Del autor .....	48
Tabla 11. Clasificación taxonómica <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith).....	49
Tabla 12. Hospederos más importantes de <i>Spodoptera frugiperda</i> . Del autor.	50
Tabla 13. Morfología <i>Spodoptera frugiperda</i> . Del autor .....	51
Tabla 14. Productos para el control químico de insectos en forrajes ganaderos. Del autor .....	53
Tabla 15. Taxonomía de <i>Beauveria bassiana</i> (81).....	55
Tabla 16. Clasificación taxonómica <i>Bacillus thuringensis</i> (91) .....	60
Tabla 17. Material documental seleccionado .....	69



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Daños en pasto ocasionado por larvas de <i>Mocis latipes</i> (55) .....	47
Figura 2. Daño ocasionado por larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (65).....	51
Figura 3. Características microscópicas, coloración Azul de lactofenol de <i>B. bassiana</i> , en objetivo 40x. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao.....	55
Figura 4. Características macroscópicas de <i>B. bassiana</i> en Agar PDA. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao .....	56
Figura 5. Esquema del desarrollo del hongo en el insecto (83) .....	57
Figura 6. Características microscópicas, coloración de Gram de <i>B. thuringensis</i> , en objetivo 100X. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao .....	60
Figura 7. Características macroscópicas de <i>B. thuringensis</i> en Agar Nutritivo. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao.....	61
Figura 8. Mecanismos de acción proteína Cry. Tomada de Characterization of Cry toxin mode of action. Modificado por el autor (97) .....	62
Figura 9. Selección de la información para el desarrollo del documento.....	67
Figura 10. Principales temáticas a tratar en la revisión documental.....	68



## RESUMEN

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA.

### ***REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE *Beauveria bassiana* Y *Bacillus Thuringensis*, EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE LEPIDÓPTEROS EN FORRAJES GANADEROS***

El sector agropecuario representa una de las principales actividades económicas de Colombia, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la distribución del uso agropecuario, equivale a 43,0 millones de hectáreas, de estas el 80% corresponde a forrajes ganaderos, principalmente gramíneas, que son el sustento alimenticio de los rumiantes en nuestro país. Son susceptibles al ataque de lepidópteros del orden noctuidos, entre las cuales se destacan *Mocis latipes* y *Spodoptera frugiperda*, su larvas son voraces, puesto que defoliar la hoja, generando un déficit alimenticio en los rumiantes, por consiguiente se generan pérdidas económicas y en el afán de controlarlas se producen impactos ambientales y resistencia de los insectos por el uso indiscriminado de agroquímicos, actualmente se buscan alternativas amigables con el medio ambiente, utilizando biocontroladores como *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis*, que según la literatura muestran efectividad en el control de plagas.

El objetivo de éste estudio fue realizar una revisión documental sobre *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis* como biocontroladores de lepidópteros considerados plagas en forrajes ganaderos, se revisaron 92

documentos contemplados en artículos, manuales técnicos, tesis, documentos en web, libros y diferentes estudios relacionados a esta temática, organizados cronológicamente y divididos en cinco temas de interés, a partir de los cuales se pudo concluir que *B. bassiana* y *B. thuringensis* son biocontroladores eficientes y se hace necesario realizar estudios en campo para establecer un manejo integrado en el cultivo de forrajes ganaderos y así mitigar el impacto ambiental y económico generado por lepidópteros como *M. latipes* y *S. frugiperda*.

**PALABRAS CLAVES:** *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringensis*, Control biológico, forrajes ganaderos, gramíneas, lepidópteros, *Mocis latipes*, *Spodoptera frugiperda*.

Estudiantes: Jesica Fula Sandoval – Norida Dayani Vasquez Mur

Docente: Ligia Consuelo Sánchez Leal

Institución: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Octubre 2018

## INTRODUCCIÓN

La ganadería ha jugado un rol fundamental en la historia humana a nivel mundial, generando un aporte importante para la economía y representando un elemento fundamental del desarrollo agrícola sostenible y seguridad alimentaria familiar (1). En Colombia, según los datos obtenidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la distribución del área destinada al uso agropecuario, que equivale a 43,0 millones de hectáreas, el 80,0% (34,4 millones hectáreas) corresponde a pastos y rastrojos (forrajes ganaderos); utilizados por la ganadería para levante o ceba, en los departamentos de la Costa Atlántica, Llanos Orientales, Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Tolima, Valle del Cauca, Huila y Antioquia (2).

La pradera es el ecosistema donde predominan las gramíneas, plantas herbáceas que constituyen principalmente los forrajes ganaderos, que son el principal sustento alimenticio para los herbívoros (3). Gracias a la ubicación de Colombia en la franja ecuatorial se cuenta con biodiversidad, además de la compleja topografía, mosaico de climas, suelos, fisiografía e historia geológica; esto brinda un mayor rendimiento en la producción continua y diversa de forrajes ganaderos, paralelamente este ecosistema, provee todos los requerimientos necesarios para que plagas ataquen directamente a las gramíneas (3) (4), los insectos del Orden lepidóptero son considerados una plaga polífaga y voraz, según la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) *“cuando hay fuertes infestaciones causan grandes pérdidas económicas y bajo rendimiento nutricional en los rumiantes (5)”*

Las larvas de lepidópteros defoliar rápidamente a las plantas, dejando sólo la nervadura central pueden llegar a ocasionar pérdidas de hasta 4.0 t/ha en la producción de biomasa foliar con una densidad poblacional de 300 larvas /m<sup>2</sup> hallándose pérdidas del 25 % de materia verde, cuando la población es de 2 larvas/m<sup>2</sup> y del 75% cuando es de 23 larvas/m<sup>2</sup> (6). Estos ataques se dan por el manejo inadecuado del monocultivo y del mal uso de los agroquímicos, debido

a que estos se aplicaban por calendario en temporada de invierno, que es cuando los lepidópteros resurgen de la tierra, independientemente de que se encuentre o no el insecto.

A consecuencia de esta práctica, los lepidópteros controlados se hicieron resistentes a los insecticidas, y se generaron impactos ambientales asociados a la pérdida de los nutrientes, erosión, disminución de la micro-fauna y contaminación de la tierra, además del deterioro de la salud de los trabajadores y de los rumiantes expuestos a estos químicos (6) (7); por esta razón y teniendo en cuenta los problemas de los sistemas de producción ganadera, es necesario la búsqueda de otras alternativas amigables con la naturaleza como el uso de controladores biológicos.

El objetivo de éste estudio fue realizar una revisión documental sobre *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis* como biocontroladores de lepidópteros considerados plagas en forrajes ganaderos, se revisaron 92 documentos contemplados en artículos, manuales técnicos, tesis, documentos en web, libros y diferentes estudios relacionados a esta temática, organizados cronológicamente y divididos en cinco temas de interés, a partir de los cuales se pudo concluir que *B. bassiana* y *B. thuringensis* son biocontroladores eficientes y se hace necesario realizar estudios en campo para establecer un manejo integrado en el cultivo de forrajes ganaderos y así mitigar el impacto ambiental y económico generado por lepidópteros como *Mocis latipes* y *Spodoptera frugiperda*.

## OBJETIVOS

### General

Realizar una revisión documental sobre *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis*, en el control biológico de lepidópteros en forrajes ganaderos.

### Específicos

- Realizar una revisión de fuentes bibliográficas relacionada con los forrajes ganaderos utilizados en Colombia.
- Recopilar información acerca del uso como biocontroladores de *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis* frente a lepidópteros.
- Identificar las características de los lepidópteros plaga en forrajes ganaderos.
- Establecer la importancia del uso de los microorganismos biocontroladores en forrajes ganaderos.

## 1. ANTECEDENTES

Los forrajes ganaderos predominan en las explotaciones pecuarias, tienen alta importancia para los ganaderos durante los últimos años, debido al aporte nutricional que estos generan para la ganadería de levante y de ceba, sin embargo, estos cultivos son susceptibles a plagas de lepidópteros noctuidos, debido a la poca planeación, al monocultivo, la poca o nula rotación de estos mismo y al mal manejo químico de las plagas, por esta razón se hace necesario se hace necesario implementar otra alternativa para el manejo de plagas como el control biológico destacándose los microorganismos entomopatógenos *B. bassiana* y *B. thuringensis*. A continuación se presentan algunos trabajos que respaldan esta afirmación.

Francisco C. y Yepes R. (1990), denotaron que en Colombia la mayor área establecida para los forrajes ganaderos está dominada por las praderas, en las planicies cálidas de los departamentos de la Costa Atlántica, Llanos Orientales, Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Tolima, Valle del Cauca, Huila y Antioquia. La falta de educación a los ganaderos, la mala planeación y el monocultivo, generaron un mal manejo fitosanitario a los forrajes ganaderos, que se evidenció por la presencia de brotes frecuentes de artrópodos masticadores, resaltando los lepidópteros *M. latipes* y *S. frugiperda* que ocasionaban pérdidas económicas. Adicionalmente, establecieron que no se descubría a tiempo el ataque inicial de las plagas, porque no sabían cómo identificarlos por la falta de educación y cuidado al cultivo y al hecho de escudarse únicamente en el control químico, sin la producción del efecto deseado y así llegaron a la conclusión que se desconocía la importancia de los agroecosistemas. Por esta razón, debían programar y realizar trabajos de investigación para obtener programas de manejo integrado de cada especie de gramíneas utilizadas para forrajes ganaderos y explorar nuevas alternativas para el control de plagas masticadoras (8).

Cruz I. (1992), señala la importancia del uso de bioplaguicidas con el fin de minimizar la crisis económica que se produce en países que dependen de la exportación de productos agrícolas por la caída de los precios en el mercado mundial. Por lo que se hace necesaria la búsqueda de alternativas ecológicamente adecuados para bajar costos de producción que se elevan por el uso excesivo de sustancias químicas para controlar plagas y adicionalmente causan daños en el medio ambiente. Se considera clave, el uso de hongos entomopatógenos de los cuales se reportan alrededor de 700 especies, 100 han sido estudiadas a fondo y de estas solo 6 se asocian directamente con el control de plagas. Investigaciones realizadas en diferentes países desarrollados como en China, Francia y USA muestran la efectiva acción en el control biológico que ofrece *Beauveria* sobre insectos coleópteros, por lo que se considera un agente importante en el control biológico de plagas agrícolas (9).

Zuckerman B. y Dicklow M. (1992), en esta investigación, evaluaron la eficacia de *B. thuringensis* (BT) usado ampliamente para controlar nematodos en plantas; los autores reportan que esta bacteria biocontroladora anteriormente estaba restringida solo para el control de una rango estrecho de lepidópteros, en investigaciones recientes, se ha demostrado el poder de acción de *Bacillus thuringiensis* en un alto rango de insectos, el objetivo de la revisión realizada es demostrar que la letalidad de este bacilo sobre lepidópteros, no solo es efectiva en ensayos realizados *in vitro*, sino también invernaderos y cultivos donde BT muestra su potencia para controlar nematodos. Los ensayos fueron realizados en México y Puerto Rico utilizando la cepas CR-371, se aislaron nematodos *Caenorhabditis elegans* y *Pratylenchus penetrans*. Los ensayos se llevaron a cabo en invernaderos y también se realizaron pruebas de campo, en plantas perennes como la pimienta, tomate y fresa. El estudio demostró que estas plantas tratadas con la cepa CR-371 de BT tanto en invernadero como en campo, tiene una amplia capacidad como agente nematocida, gracias a la acción de sus toxinas insecticidas en los nódulos de la raíz de las plantas, por



lo que el trabajo sugiere aumentar la longevidad de BT en esta zona, mediante el recubrimiento de semillas con esta bacteria biocontroladora (10).

Campos J. y Mendez R. (1996), en Cuba en la ciudad de Camagüey se llevó a cabo un experimento con el fin de mostrar la actividad controladora de *Bacillus thuringiensis* frente a un grupo importante de nematodos fitopatógenos en el que se resalta *Meloidogyne incognita* por las grandes pérdidas que provoca en cultivos calculadas entre 11 y 25 %, estas pérdidas se presenta principalmente en regiones tropicales. Otro nematodo que los autores analizaron en este ensayo debido al impacto económico que produce y a su alta prevalencia fue *Radopholus similis* común en zonas del trópico y subtropical causantes de pérdidas en plantaciones de plátano y banano. El control de estos insectos se ha realizado principalmente por nematicidas a base de químicos, pero preocupa cada vez más los daños producidos por su alta toxicidad a nivel ambiental y en el ser humano, por lo tanto, su uso se ha limitado y además de incentivar la realización de estudios buscando minimizar el uso de químicos e introducir microorganismo naturales controladores de plagas y amigables con el medio ambiente. Se han empleado hongos como *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium chlamyosporum*, *Arthrobotrys oligospora*, *Trichoderma harzianum*. También se han usado bacterias como *Pasteuria penetrans*, *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus* spp. Los autores señalan que en la década de los 80, a nivel mundial *B. thuringiensis* presentó una gran aceptación y un aumento en la elaboración de productos comerciales gracias a la acción de toxinas que produce y actúan a nivel intestinal en lepidópteros, dípteros, coleópteros y nematodos. Para observar la acción patógena de BT sobre estos nematodos se llevaron a cabo 2 experimentos, el primero en un período de dos meses y medio desde el inicio de su montaje hasta su evaluación final, en la maceta se plantó calabaza, (*Cucurbita pepo*) y se inocularon  $10^7$  ufc/ml de *B. thuringiensis* y 500 huevos de *M. incognita*. La segunda maceta se plantó banano y fue inoculada con 500 nemátodos adultos de *R. Similis* y  $10^7$  ufc/ml de *B. thuringiensis*; la evaluación final se realizó a los 5 meses de iniciado el experimento. En los resultados se demostró una buena acción biocontroladora

de *B. thuringensis* sobre *R. similis* y *M. incognita* y realizando una comparación con otros biocontroladores mostro una acción superior. Por lo que se sugiere se desarrollen experimentos de mayor envergadura para el control de estas plagas, y se extienda la comercialización de *B. thuringensis* lo cual representaría la solución de un grave problema a nivel agrícola sin que se produzca contaminación del ambiente y toxicidad humana, que normalmente ocasionan los pesticidas químicos (11).

Morillo F. y Notz A. (2001), demostraron la resistencia a insecticidas en diferentes plagas, fenómeno que se propaga considerablemente en zonas agrícolas de todo el mundo. Regiones del norte, centro y Suramérica han registrado a lo largo de varios años distintas especies de insectos resistentes a diferentes grupos de insecticidas como DDT (diclorodifeniltricloroetano) insecticida organoclorado, ciclodienos, órganofosforados, carbamatos y piretroides. Entre los microorganismos que más comúnmente registran resistencia a sustancias químicas se encuentran *Spodoptera frugiperda*, *Alabama argillacea* (Lepidoptera Noctuidea), *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). La resistencia a insecticidas se presenta en respuesta a la continua exposición a insecticidas, los cuales alteran los distintos factores genéticos preexistentes en diferentes organismos y confieren resistencia a los químicos. Para el año 1984 se reportan 504 especies de insectos y ácaros resistentes a plaguicidas, esta cifra sigue aumentando a medida que van pasando los años, generando gran impacto económico para los agricultores y daños a nivel ambiental. Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Central de Venezuela entre 1997-1998. Los insecticidas empleados fueron el piretroide lambdacihalotrina, y carbamatos como metomil a diferentes dosis. Para estas pruebas realizadas en condiciones de laboratorio se utilizaron larvas de *S. frugiperda*, multiplicadas y estabilizadas en colonias, posteriormente las dividieron en tres grupos; el primero fue sometido a presión de selección con lambdacihalotrina, el segundo fue tratado con el insecticida metomil y el tercero una colonia control que no fue expuesta a ningún insecticida. Este estudio reveló que *S. frugiperda* presenta altos niveles de resistencia a los químicos

estudiados lo que podría constituir la base para transferir información a productores, empresas de agroquímicos y alertar las áreas agrícolas donde el uso de plaguicidas es excesivo. Por lo tanto, se sugiere la necesidad de establecer el manejo de plagas con biocontroladores efectivos que mitiguen las pérdidas económicas y los daños ambientales (12).

Rodrigo A. y Vergara R. (2003), vieron la importancia de generar una propuesta para un manejo integrado de plagas en pasturas tropicales, debido a una subvaloración de la importancia de los artrópodos asociados a los forrajes ganaderos, y al inadecuado manejo que se les daba, que se reflejaba en la ineficiencia de controlarlos, también en el impacto ambiental generado en el suelo que se evidenciaba en la pérdida de nutrientes; para contrarrestar la pérdida de nutrientes, se promovía el uso irracional de fertilizantes orgánicos que impactaba directamente en el incremento de insectos plagas chupadoras (lepidópteros); por esta razón, y sumado a la falta de técnicos y conocimientos, se utilizaba indiscriminadamente los insecticidas, en virtud de esto se vio comprometido la integridad de la salud animal de los rumiantes generando niveles anormales de la actividad de la colinesterasa. De este trabajo se destaca, la opción del manejo de plagas, puesto que entendieron a las plagas de las pasturas tropicales como un fenómeno bioecológico y debía manejarse con medidas bioecológicas con la implementación de controladores biológicos como *B. bassiana* y *B. thuringensis*, para mitigar los impactos ambientales generados en el suelo y los impactos en la salud de los rumiantes con el fin de generar un producto más amigable con el ambiente (13).

Wraight S. y Ramos M. (2005), las larvas del escarabajo de la patata de Colorado *Leptinotarsa decemlineata*, es una plaga difícil de controlar, puesto que presenta resistencia a insecticidas químicos, por tal razón diseñaron un bioensayo en el laboratorio de plantas, suelo y nutrición de los Estados Unidos, con el objetivo de aplicar solos y en combinación a *B. bassiana* (formulado como Mycotrol) en concentraciones  $1.25$  y  $2.5 \times 10^{13}$  conidia/ha y *B. thuringensis* (formulado como Novodor) en concentraciones  $40.3$  y  $120.8 \times 10^6$

Unidades leptinotarsa/ha, en larvas del escarabajo de la patata de Colorado, con el fin de evaluar las interacciones entre los dos productos en términos de eficacia de control de plagas, con dos aplicaciones semanales por spray, solas y en conjunto, posteriormente se observó la defoliación de las plantas y mortalidad de las larvas; esto arrojó que *B. bassiana* no es eficiente en el control de las larvas, presentó poca mortalidad y avanzada defoliación de las plantas, en comparación a *B. thuringensis* que fue eficiente, la combinación de *B. bassiana* y *B. thuringensis* arrojó la mayor mortalidad en las larvas en casi todas las pruebas; concluyeron que *B. bassiana* y *B. thuringensis* tienen una interacción sinérgica, por tal razón tienen un gran potencial para el manejo biológico integrado del escarabajo de la patata de Colorado, pero se deben evaluar en diferentes concentraciones de cada una para lograr una mortalidad superior al 85% (14).

Polanczyk R. y Alves S. (2005), en esta investigación evaluaron la eficacia de *Bacillus thuringiensis* y sus toxinas, destacan la especificidad de estas cepas que favorecen la formulación de biopesticidas a base de este patógeno desde hace ya varios años en el control de más de 30 plagas de importancia agrícola entre las cuales se destaca el lepidóptero, *Spodoptera frugiperda* también conocido como oruga del cartucho, quien resalta por su ataque al algodón, alfalfa, maní, arroz, avena, patata, patata dulce, caña de azúcar, hortalizas, maíz, soja, trigo, y más comúnmente en gramíneas, causando grandes pérdidas económicas anualmente.

Bt sigue siendo considerado en este estudio efectivo, pero con el fin de mejorar su acción proponen su uso en conjunto con agentes de control biológico por tal motivo con el fin de generar más información sobre la interacción de *B. thuringiensis* con otros entomopatógenos, este trabajo incluyó dos hongos entomopatógenos (*B. bassiana* y *Nomureae rileyi*), un virus de poliedrosis nuclear (VPN) y un nematodo (*Heterorabditis* sp.). El bioensayo se realizó en laboratorio se utilizaron concentración de *B. thuringiensis* de  $3 \times 10^8$  de tres aislamientos (ESALQ 2.4, 3.7 y 8.7 pertenecientes al Banco de Patógenos del Laboratorio de Patología y Control Microbiano de Insectos de Brasil), del

nematodo *Heterorabditis sp* se utilizaron 500, 2500 y 7500 juveniles infectivos (JI)/mL (aislado de muestra de suelo), para los hongos *B. bassiana* (aislamientos ESALQ 1074, 1115, 1117 y 1284) y *N. rileyi* (aislamiento ESALQ N1) se utilizó una suspensión de  $1 \times 10^8$  conidios/mL obtenido Banco de Entomopatógenos del Laboratorio de Patología y Control Microbiano de Insectos), y para el VPN se evaluaron cerca de  $48 \times 10^5$  y  $24 \times 10^6$  cuerpos de inclusión virales/mL. En los resultados se observó una interacción positiva entre *B. thuringensis* y *Heterorhabditis sp*. Mientras que la interacción de *B. thuringensis* y los hongos entomopatógenos fue negativa ya que hubo antagonismo por otro lado la interacción de VPN y *B. thuringensis* fue negativa o positiva (efecto aditivo), dependiendo de la concentración del virus. En conclusión la variación en los resultados obtenidos en estos experimentos muestra que la interacción entre entomopatógenos y otros agentes de control puede ser un instrumento importante en el control de plagas los autores recomiendan verificar si estas interacciones ocurren en condiciones de campo donde pueden afectar otro tipo de factores significativamente (15).

Silva V. y Marrero A. (2008), las principales limitantes para el desarrollo forrajero de la Amazonia se encuentran el manejo deficiente de las pasturas, el bajo contenido de nutrientes en el suelo y un valor nutritivo regular por la defoliación que generan los lepidópteros; por esta razón, realizaron una investigación en la región amazónica ecuatoriana, sobre el ataque de larvas defoliadoras noctuidos en pasto, con el objetivo de caracterizar la dinámica del ataque sobre el pasto y determinar el daño de la plaga en condiciones de laboratorio; obtuvieron larvas directamente de forrajes ganaderos afectados. Determinaron la tasa diaria de defoliación de las larvas en el laboratorio, de forma individual, 24 horas después de la alimentación recogieron los restos de follaje, para calcular el área defoliada por diferencia, y calcularon el  $\text{mm}^2$  la cantidad de tejido consumido por la larva. Los resultados arrojaron que en promedio la defoliación es de hasta  $30718,34 \text{ mm}^2$ , la mayoría de las larvas consumieron totalmente las hojas dejando solo la nervadura central, se destaca que un individuo puede devorar en sólo 24 horas  $43750 \text{ mm}^2$  del tejido foliar,

de allí se concluye la importancia del gran potencial defoliador de estos noctuidos, y permite estimar con aproximación el daño económico en los forrajes ganaderos. Sugirieron la necesidad de establecer programas de manejo integrado de plagas alternativos al tradicional, como el control biológico, que reduzcan las pérdidas económicas que pueden ocasionar estos insectos noctuidos (16).

Xiao-Mu Ma. *et al* (2008), realizaron investigaciones en china acerca *Ostrinia furnacalis* conocido como barrenador del maíz asiático, causante de daños significativos a nivel de toda la planta (hojas, tallos, ramas, capullos, flores) no solo en este cultivo sino también en el algodón, resaltan el difícil manejo de esta plaga con insecticidas químicos debido al comportamiento críptico de la larva, y destacan a *Bacillus thuringensis* por su alta eficacia, especificidad, sus esporas bacterianas y endotoxinas (Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac), efectivas en el control lepidópteros, por tal motivo es adoptada por los agricultores como una alternativa a los aerosoles químicos, Sin embargo un hecho que preocupa es que resultados arrojados por diferentes estudios de campo revelan que del 5 al 20% de las larvas de *O. furnacalis* podrían sobrevivir a los efectos *Bacillus thuringensis* esto podría ser debido al envejecimiento de la planta, que provoca decrecimiento en los niveles de la toxina en los tejidos vegetales, además de que su uso a gran escala puede llegar a provocar resistencia de los insectos a dichas toxinas, estos hechos han sido imprescindibles para incentivar la búsqueda de otros organismos capaces de realizar un control biológico efectivo, como por ejemplo el hongo *Beauveria bassiana* que muestra efectos importantes como entomopatógeno y es seguro a nivel ambiental. El objetivo de esta investigación fue examinar el efecto de Cry1Ac purificado en el crecimiento, desarrollo, y la supervivencia de *O. furnacalis* y la interacción entre *B. bassiana* y Cry1Ac.

Este experimento se llevó a nivel de laboratorio donde se obtuvieron huevos de *O. furnacalis* a partir de una colonia anteriormente aislada de un cultivo de maíz, *B. bassiana* se aisló de un cultivo de *O. furnacalis* y posteriormente

sembrada en medio PDA por 15 días, luego se preparó en una solución acuosa estéril de Tween 80 al 0,2% y se realizan diluciones seriadas a partir de suspensiones conidiales obteniéndose  $1.8 \times 10^8$ ,  $1.8 \times 10^7$ ,  $1.8 \times 10^6$ ,  $1.8 \times 10^5$ ,  $1.8 \times 10^4$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ . La toxina Cry1Ac se purificó a partir de la cepa HD-73 de *B. thuringensis*, proporcionada por el Instituto de Microbiología, chino Academia de Ciencias. Se utilizaron concentraciones de 0, 0.05, 0.2, 0.8, 3.2, 12.8  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Para el diseño experimental se realizaron tres procedimientos en los que se utilizaron *B. thuringensis* y *B. bassiana* por separado y otro evaluando su acción conjunta (larvas suspendidas en conidios de *B. bassiana* en  $1.8 \times 10^7$ ,  $1.8 \times 10^6$ ,  $1.8 \times 10^5$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  y posteriormente alimentadas con Cry1Ac a concentraciones de 0.2, 0.8, 3.2 y  $12.8\mu\text{g g}^{-1}$ ). Los resultados obtenidos fueron que la toxina Cry1Ac presenta una alta toxicidad para *O. furnacalis* causando retraso en el desarrollo y crecimiento de las larvas, disminución de la pupación y en el peso de la pupa, disminución marcada de peso de los adultos. Luego de la exposición de *O. furnacalis* a altas concentraciones de la combinación *B. bassiana* y *B. thuringensis* el efecto de la mortalidad fue aditivo, mientras a concentraciones sub-letales mostraron antagonismo, por lo tanto los autores concluyen que en la mayoría de los casos la toxina Cry1Ac genera un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de *O. furnacalis*, pero debido al porcentaje de larvas que podrían sobrevivir a los ataques se hace necesario realizar consorcios microbianos con el fin de reducir el riesgo de resistencia las toxinas de BT, y ya que la asociación realizada con *B. bassiana* no fue 100% efectiva recomiendan realizar más estudios de la interacción de estos dos microorganismos basado en los resultados obtenidos (17).

El trabajo de Suarez H. (2009), se desarrolló en el laboratorio de entomología de la Universidad del Magdalena en Santa Marta entre el año 2006 y 2007. El estudio se llevó a cabo por las pérdidas que se registran en plantas cultivadas en campo y productos almacenados que se aproximan en más o menos el 50% de pérdidas anuales alrededor del mundo y se registran cerca de 65.000 especies de plagas. Por tales motivos fue importante realizar estudios de

hongos entomopatógenos regionales, que tienen la capacidad de causar enfermedad a una gran variedad de insectos y se encuentra distribuido a través de diferentes regiones. Uno de los hongos entomopatógenos más importantes en el control biológico de plagas es *B. bassiana*, ya que tienen la potencialidad de infectar insectos, provocando una alta mortalidad por la producción de toxinas, son de acción lenta, tienen amplio rango de hospederos, infectan diferentes estados y son altamente virulentos. Adicionalmente, se ha encontrado que es un hongo versátil sobre el insecto ya que es capaz de actuar sobre diferentes partes de la planta, las aplicaciones foliares aportan una alta supresión de insectos, por que el hongo actúa a nivel foliar colonizando la planta y actuando dentro de ella y la protege del ataque contra de estos penetrando la cutícula e invadiendo el hemocele causando letalidad en los insectos. En este estudio, el objetivo fue evaluar las distintas concentraciones en la que muestra efectividad sobre entomopatógenos el hongo *B. bassiana*. Los resultados mostraron que provoca una mortalidad en un promedio de 98,37% en un tiempo aproximado de 6 días, por lo que se concluye, que el uso del hongo entomopatógeno *B. bassiana* es una alternativa útil para el control biológico de plagas en la región caribe Colombiana (18).

Rios O. *et al.* (2011), en el Centro de Investigación Santa Lucia ubicado en Barrancabermeja-Santander, realizaron recorridos por los cultivos de pastos de corte y otras especies forrajeras para dar un diagnóstico presuntivo, mediante la observación de plantas enfermas y/o atacadas por plagas, causantes de diferentes tipos de daños, tomando diferentes muestras de insectos y material vegetal, que posteriormente se analizaron en laboratorio, para así poder recomendar el respectivo control o manejo de las especies afectadas. Evidenciaron la presencia de plagas pertenecientes a los órdenes ortóptera, hemíptera, coleóptera, y lepidóptera, los cuales ocasionan daños a las estructuras foliares, peciolares y tallos de las plantas. Las larvas de lepidópteros eran los causantes en mayor medida de la defoliación de las plantas, el daño que estos ocasionaban permitían la inoculación directa del



hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, generando antracnosis severa en más del 40% de las plantas. Dedujeron que a las especies forrajeras se les debe priorizar un manejo sanitario, consistente en la ejecución de labores culturales necesarias para lograr un aprovechamiento óptimo del cultivo; debido a la falta de prácticas suficientes que permitan erradicar el foco de plagas y patógenos presentes, utilizar nuevas alternativas de control, adicionalmente cada práctica que se introduzca debe ser considerada como una solución que redunde en la conservación de recursos naturales (no aplicar productos químicos), por el contrario emplear mecanismos amigables con el ecosistema como la implementación de controladores biológicos como parasitoides (*B. bassiana* y *B. thuringensis*) puesto que la excesiva aplicación de productos nitrogenados, estimulaba el crecimiento vegetativo exagerado, creando mayor humedad alrededor de las plantas, conduciendo a un acolchonamiento de los pastos y facilitando la infección de hongos fitopatógenos y la diseminación de plagas artrópodos. Recomendaron estudiar la relación del estado fenológico de las plantas frente a los aspectos entomológicos de las plagas (19).

Delgado P. y Ordoñez B. (2011), en este artículo se describen los hongos entomopatógenos de mayor uso para el control biológico de plagas, el mecanismo de acción de los mismos sobre su hospedero, así como investigaciones realizadas sobre el comportamiento de los hongos más utilizados para el control de ciertos insectos. El gran potencial que poseen los hongos entomopatógenos como agentes controladores y los múltiples servicios que prestan a los sistemas agrícolas, entre los que se destaca la habilidad de mantener las plagas en niveles adecuados. Los hongos entomopatógenos según describen en la revisión, son los primeros agentes biológicos en ser utilizados para el control de plagas, son capaces de generar daños y muerte en los insectos, a través de diferentes mecanismos de acción y proporcionan una alta capacidad para evitar que el hospedero genere resistencia a este tipo de control biológico. Los autores detallan que los hongos constituyen un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente; según datos de la

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) entre los géneros más importantes se destacan: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*. Para un control biológico satisfactorio, es necesario crear un ambiente benéfico para las poblaciones de entomopatógenos, tales como la humedad relativa, temperatura, patogenicidad, virulencia y hospederos a los que infecta activamente. Los autores concluyen luego de realizar una revisión de ensayos realizados desde el año 1981 hasta el 2010 que los diversos mecanismos de acción que tienen los entomopatógenos para infectar insectos, les confieren un importante valor a nivel ecológico debido a las funciones de control que ejercen sobre las plagas, que por el manejo de productos químicos usados para su control se han convertido en plagas resistentes y de difícil control, convirtiendo a los hongos entomopatógenos en la mejor opción para la producción de bioplaguicidas quienes no producen contaminación y preservan el medio ambiente (20).

Nava E. y García C. (2012), resaltan la disminución del rendimiento de los cultivos en un 20 a 30 % debido a las plagas, lo que ha provocado un aumento en el uso de plaguicidas y por ende múltiples afectaciones en el medio ambiente, como el impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, enemigos naturales, peces, calidad de agua y suelo, también preocupa los daños en la salud humana ya que estos insecticidas sintéticos según datos aportados por la OMS de 500,000 y 1 millón de personas se intoxican con plaguicidas químicos anualmente y entre 5,000 y 20,000 pierden la vida de los cuales el 50 % de las personas que fallecen son agricultores, el resto corresponde a envenenamientos por consumo de alimentos contaminados. Entre los dos grupos, la mortalidad alcanza la cantidad de 220 mil muertes al año adicionalmente se evidencia fuertemente afectada la economía ya que las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente a los enemigos naturales de las plagas, quienes no son capaces de reproducirse debido a que no encuentran las condiciones necesarias, por lo que su acción biológica frente a las plagas en cultivos se ve frenada y se deben triplicar el uso de supresores de plagas. Según datos del autor, solo en Estados Unidos se invierten

anualmente cerca de 40 billones de dólares en plaguicidas, y se estima que el ahorro en pérdidas por plagas es de 16 billones de dólares. De este trabajo se destacan las alternativas propuestas por los autores para el control de plagas mediante el uso de bioinsecticidas que incluyen plaguicidas bioquímicos, que comprenden los atrayentes, hormonas, reguladores del crecimiento de plantas e insectos, enzimas y sustancias de señalización química además el uso de plaguicidas microbianos, en las que es común el uso de bacterias, hongos, virus y protozoos de los cuales se destaca la efectiva acción en diferentes tipos de cultivo de *B. thuringensis* y *B. bassiana*. Su uso permite mantener la productividad del campo sin contaminarlo y sin poner en riesgo la salud de la población, estos biocontroladores utilizados en forma idónea favorecen la práctica de una agricultura sostenible con menos empleo de insecticidas químicos (21).

González M. *et al.* (2015), evaluaron una alternativa diferente al control químico tradicional, debido a que en el 2011 (Cao *et al*) afirmaron que los productos químicos empleados para los lepidópteros, aunque son moderadamente tóxicos producen efectos neurológicos así como también trastornos autoinmunes cuando se presentan exposiciones crónicas a estos. González M. *et al.* emplearon tres productos biológicos comerciales para el control biológico de larvas neonatas del gusano cogollero, Micoralis® a base de *B. bassiana*, Crimax® a base de *B. thuringensis* y Neempower® a base de aceite de neem y como control positivo un insecticida químico el Lorsban®, bajo condiciones de laboratorio en el Instituto Politécnico Nacional de México; con un diseño experimental totalmente al azar con mediciones repetidas cada 24 horas del número de larvas muertas, el análisis de los datos arrojó que, el producto más efectivo para el control de gusano cogollero fue Neempower®, a una dosis del 20%, con una mortalidad promedio del 86,66%; seguido por Crimax® (70,66%), a una concentración de 500 µg mL<sup>-1</sup>, Micoralis® resultó menos efectivo, a una concentración de 1x10<sup>9</sup> esporas mL<sup>-1</sup> (49,33%), Lorsban® causó el 100% de mortalidad; concluyeron que el producto biológico Neempower® es efectivo para el control de larvas de *S. frugiperda* a bajas concentraciones del producto,

en donde la mortalidad más alta se presenta a los dos días, es posible el uso combinado con *B. thuringensis*, lo que da como resultado una alta mortalidad. Recomendaron la importancia de contar con aislamientos nativos de hongos y bacterias entomopatógenos y extractos de plantas de la región de origen, adaptados a las condiciones climáticas, garantiza que exhiban mayor toxicidad, virulencia y patogenicidad sobre el insecto blanco; se resalta el uso de un consorcio poco tradicional entre un microorganismo entomopatógeno y el extracto de plantas (22).

Lancey L. *et al* (2015), resaltaron la importancia del uso de entomopatógenos en los últimos 15 años para la conservación de especies nativas, suelo y como agentes de control biológico, particularmente para el control de lepidópteros, quienes tomaron importancia a nivel mundial, puesto que son de difícil control, debido a la resistencia que generaron a los pesticidas y a la presión para reducir los residuos de plaguicidas además del impacto ambiental generado en el suelo. Los autores destacan el desarrollado comercial de un pequeño número de bacterias entomopatógenas, entre las que se destaca *B. thuringensis* ampliamente utilizada para el control de lepidópteros, esta se caracteriza por ser de acción rápida, económica, de fácil formulación y larga vida útil. En investigaciones más recientes los autores encontraron que los hongos como *B. bassiana* además de su acción entomopatógena, presentan diversas funciones endófitas, como ser antagonistas de enfermedades, colonizadores de la rizósfera y ser promotores del crecimiento. La revisión documental concluyó que el control biológico es la manera correcta de atacar insectos de importancia agrícola, por, pero se hace necesaria la investigación a largo plazo de los posibles efectos adversos que estos puedan provocar en el medio ambiente, simultáneamente se debe comprender la ecología fúngica para definir sus roles en la naturaleza y evaluar sus limitaciones en el control biológico. Recomiendan a futuro implementar sistemas más eficientes de producción y formulación en masa, para abastecer un mercado en constante crecimiento, y realizar más pruebas en condiciones de campo para identificar

los efectos de los factores bióticos y abióticos sobre la eficacia y la persistencia de biocontroladores (23).

Gutiérrez E. (2017), realizó un estudio experimental en el distrito de Tamburco-Mexico, con el objetivo de evaluar el control biológico de *B. thuringensis* y *B. bassiana*, sobre el lepidóptero *S. frugiperda*, utilizo un diseño en bloques completamente aleatorizados con 3 tratamientos (1. *B. thuringensis* 2. *B. bassiana* 3. Testigo) y 4 repeticiones, evaluó el porcentaje de mortandad de larvas, arrojando resultados del 68.33% en mortandad de larvas en los tratamientos de *B. thuringensis* siendo este más eficiente que los tratamiento de *B. bassiana* con una mortandad de 45.21%, de igual manera el rendimiento del cultivo fue proporcional a la mortandad de larvas, concluyo que *B. bassiana* mata más rápido a las larvas, pero *B. thuringensis* es más eficiente, por lo anterior recomendó realizar estudios que involucre un consorcio microbiano de *B. thuringensis* y *B. bassiana* para el control de lepidópteros y promover el uso de estos biocontroladores (24).

Arthurs S. y Dara S. (2018), realizaron una investigación documental sobre los bioplaguicidas basados en bacterias, hongos, virus o sus compuestos bioactivos, como alternativas a los pesticidas sintéticos para controlar las plagas de invertebrados, en respuesta al considerable crecimiento en su uso en los últimos años, debido a la actual demanda de productos cultivados orgánicamente y a la conciencia del impacto ambiental generado por los pesticidas sintéticos. Encontraron que en Septiembre de 2017, había 356 biopesticidas (bioinsecticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas, bactericidas y herbicidas) registrados en la Agencia de Protección Ambiental (EPA); en primer lugar se encuentran una amplia gama de productos a base de bacterias especialmente de *B. thuringensis* por su efectividad en el control de orugas, en sus inicios hacia el año de 1996 se aplicaba directamente la bacteria al suelo, pero al transcurrir de los años su empleo es más eficiente por la forma en la que se utiliza, en la actualidad se incorporan los genes de la toxina Cry a las plantas (cultivos transgénicos) susceptibles a plagas de orugas, confiriendo con

éxito a la planta resistencia frente al ataque de orugas; en segundo lugar están los hongos siendo los únicos agentes microbianos capaces de controlar diferentes invertebrados debido a su acción de contacto y capacidad de romper la cutícula directamente, en la actualidad cuatro cepas de *B. bassiana* son las que dominan el mercado de bioplaguicidas y sus conidios son utilizados principalmente en cultivos de forrajes; en tercer lugar están los baculovirus, que son más eficientes en sus hospedantes pero tiene la desventaja que deben ser ingeridos desde instar jóvenes para que sea efectiva su acción, actualmente, ocho baculovirus están registrados para el control de larvas de lepidópteros. Concluyeron que existen considerables oportunidades de crecimiento para los bioplaguicidas puesto que se están convirtiendo en una ciencia más precisa, y se están incorporando a programas integrados de plagas (25).

Kalvnadi E. *et al* (2018), en la Universidad Razi, de la ciudad Kermanshah en Irán se llevó a cabo una investigación experimental en el laboratorio, su objetivo fue evaluar los efectos de la exposición de *B. bassiana* en larvas del lepidóptero, *Helicoverpa armigera* (gusano de algodón) en el ciclo de vida de las generación subsiguiente a la exposición. Emplearon larvas criadas en laboratorio, y dos cepas de *B. bassiana* recuperadas de muestras de suelo de estudios anteriores, con estos realizaron suspensiones que se aplicaron con aspersores de conidios en concentraciones  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  y  $10^5$  conidios/ml, el control negativo se realizó con agua destilada y tween, las larvas se colocaron individualmente en placas de petri ventiladas que contenían dieta artificial que se remplazaba diariamente, se mantuvieron en cámaras de crecimiento a  $25 \pm 4$  °C,  $65 \pm 10\%$  de humedad relativa, durante siete días, cada 12 horas se registraba la mortalidad de larvas. Se realizaron cuatro repeticiones para cada concentración y cada repetición incluía 10 larvas; encontraron que la concentración  $10^4$  conidios/ml es la más eficiente en cuanto a mortalidad con un 75%, las larvas sobrevivientes se sometieron a un segundo estudio de tabla de vida, para determinar los efectos de la infección por *B. bassiana* en la descendencia de *H. armigera*. Los resultados arrojaron que el tiempo de desarrollo de las larvas sobrevivientes se atrasó, la fecundidad en el estadio

adulto disminuyo significativamente, la duración de la ovoposición se acortó, generando una progenie con efectos morfo-genéticos observables como pupas y adultos anormales que desembocaban en mortalidad. Concluyeron que *B. bassiana* tiene efecto directo en la mortalidad de las larvas y uno indirecto que interfiere en el desarrollo normal del ciclo de vida y estos se transfieren a la generación siguiente (26).

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. Pastos y forrajes ganaderos**

El pasto es cualquier planta natural o cultivada, son plantas gramíneas y leguminosas que son reproducidas sobre la superficie del suelo, éstas son el producto ingerido por los animales mientras estos circulan o ambulan sobre ellas; puede ser un derivado procesado al cual se añada minerales o restos animales (27) (28). Por cuanto dichas especies deben tener las características de una buena capacidad de rebrote debido a que constantemente es pisoteado por el ganado(28). Éstas son cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, sacharina, amonificación); desde el punto de vista productivo los pastos y demás especies de forrajes son el sustento alimenticio más abundante y económico para todos los herbívoros incluyendo rumiantes y animales menores (29).

Colombia gracias a su ubicación en la franja ecuatorial presenta como ventaja la producción constante durante todo el año para la producción y acumulación de forraje verde y materia seca a partir del proceso de fotosíntesis cuyo insumo básico es la energía lumínica, dadas las horas luz y radiación solar efectiva con la que cuenta (29).

#### **2.1.1. Descripción botánica Gramíneas**

Existen en el mundo más de 10.000 especies. Las gramíneas son todas aquellas plantas de tallo hueco que florecen en espiga (30), de producción anuales o perennes, son herbáceas, excepto el 5.0%, se considera la familia más importante de las monocotiledóneas, su tamaño varía de 2.0 - 3.0 cm, con una altura hasta de 3.0m; los órganos vegetativos son la raíz, el tallo y las hojas (31). En cuanto a su taxonomía se puede clasificar así (31).



**Tabla 1.** Clasificación taxonómica Gramíneas

Reino: Vegetal  
Subreino: Embryophyta  
Division: Tracheophyta  
Subdivisión: Spermopsida  
Clase: Angiospermae  
Subclase: Monocotyledonae  
Orden: Glumiflorae  
Familia: Gramineae  
Sub-familia: Festucoideae – Bambus - Phalaridae  
Chlorideae - Avena – Panicoideae - Agrostiae

## 2.1.2. Clasificación de forrajes ganaderos

Existen diversas clasificaciones, la más común es de acuerdo al tipo de clima donde se desarrollan y según su hábito de crecimiento.

### 2.1.2.1. Clima frío

Para este clima se encuentran las principales especies de gramíneas y leguminosas que se adaptan mejor a las condiciones ecológicas propias de zonas cuya altitud está sobre los 2.200m sobre el nivel del mar. La identificación de las características morfológicas, las ventajas y desventajas que tienen desde el punto de vista de la nutrición animal, como también el uso más apropiado, permiten su mejor aprovechamiento (27). En la tabla 2 se nombran la principales gramíneas de clima frío.

**Tabla 2.** Gramíneas de clima frío. Del autor.

Nombre común	Nombre científico	Adaptación	Usos
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Tolerante a la sequía. Susceptible a las heladas. Duración permanente	Pastoreo, heno, prados y campos de deporte.
Avena forrajera	<i>Avena sativa</i>	Se produce mejor en suelos de mediana a alta fertilidad profundos y bien drenados.	Corte, ensilaje, pastoreo, heno mezclado con tréboles.
Pastos Azul	<i>Dactylis glomerata</i>	Producción muy escasa a menos de 2000 msnm. Se	Pastoreo continuo o de rotación. Algunos casos

orchoro		produce mejor en suelos fértiles, profundos y bien drenados.	para corte. Se recomienda mezcla con otras gramíneas y leguminosas.
Falsa poa	<i>Holcus lanatus</i>	Crece muy bien en suelos pobres, ácidos y ricos en materia orgánica. Crece espontáneamente en praderas naturales.	Pastoreo. Se le considera mala hierba, a pesar de que resulta muy útil mezclado con trébol, permite la conservación de suelos pendientes y erosionables.
Festuca alta	<i>Festuca arundinacea</i>	Zona óptima de crecimiento y producción entre 2500-3000 msnm. Rendimiento superior en suelos fértiles. Resistente a la Roya, tolera la sequía, el pisoteo y humedad	Pastoreo, bajo ciertas condiciones para heno y ensilaje.
Festuca media	<i>Festuca elatior</i>	Zona óptima de desarrollo entre 200-3000 msnm. Crece en suelos profundos y fértiles, aunque también en suelos calcáreos o arenosos siempre que sean húmedos. Resistente al frío, pero no a la sequía.	Pastoreo continuo sola o mezclada con otras gramíneas o leguminosas. En algunos casos para corte, heno o ensilaje. No es buena para praderas de corta duración.
Pasto oloroso	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Se adapta bien en alturas por encima de 2500 msnm. Especie dominante sola o mezclada con la falsa poa. Crece bien en suelos de baja fertilidad.	Pastoreo principalmente
Raigrás anual o italiano	<i>Lolium multiflorum</i>	Prospera mejor entre 2200-3000 msnm. La producción es mayor en suelos fértiles, bien drenados, pesados y ricos en N <sub>2</sub> .	Como pastoreo mezclada con trébol, corte, heno o ensilaje. Su mezcla con alfalfa produce un excelente forraje de corte o ensilaje para la producción de leche.
Raigrás inglés	<i>Lolium perenne</i>	A suelos preferiblemente pesados, fértiles y húmedos.	Para pastoreo mezclado con otras gramíneas y leguminosas. En algunos casos, corte, heno o ensilaje. Apta para espesar otras gramíneas de desarrollo lento.
Pasto rescate o triguillo	<i>Bromus catharticus</i>	Prospera mejor entre 2200-3000 msnm. Crece silvestre en campos cultivados o abonados.	Pastoreo en rotación (no es muy resistente al pisoteo), corte, ensilaje, forraje verde y heno.

Pasto cinta brasileño	<i>Phalaris arundinacea</i>	Se desarrolla en suelos húmedos y arenosos, requiere suelos profundos y ricos en materia orgánica.	Pasto de corte, ensilaje.
--------------------------	---------------------------------	--	---------------------------

### 2.1.2.2. Clima medio a cálido

Este clima comprende las principales especies de gramíneas y leguminosas que se adaptan mejor a las condiciones ecológicas propias de zonas cuya altitud está entre 800 m.s.n.m y los 2.200 m.s.n.m. En las zonas tropicales y subtropicales, el crecimiento de los pastos es muy alto durante gran parte del año, debido a las altas temperaturas combinadas con humedad. Esto trae como consecuencia que los pastos tiendan a envejecer, disminuyendo notablemente su calidad. En la tabla 3 se observan las gramíneas más importantes de clima cálido.

**Tabla 3.** Gramíneas de clima medio y cálido. Del autor.

Nombre común	Nombre científico	Adaptación	Usos
Pasto angletón	<i>Andropogon nodosus</i>	Entre 600 a 1800 msnm, 23°-30°C con lluvias entre 600 y 1000 mm. Crece en suelos francos y fértiles, franco-arcillosos con desagües.	De buen valor nutritivo y alta producción de forraje. Conviene utilizarse en rotación.
Pasto pará	<i>Brachiaria mutica</i>	Entre 0 a 1500 msnm, mejor en clima cálido con lluvias abundantes. Crece en suelos franco-arcillosos, ácidos o neutros con humedad.	Pastoreo sólo en mezcla con leguminosas, corte y ensilaje.
Pasto pangola	<i>Digitaria decumbens stent</i>	Crece en suelos ácidos hasta neutros. Tolerante a la sequía, aunque exige humedad.	Para henificar es uno de los pastos de mejor calidad.
Pasto Puntero, Uribe o Faragua.	<i>Hypharrhenia rufa</i>	Crece en regiones planas o montañosas, a una temperatura de 20 a 30°C. Se adapta en suelos pobres con buen drenaje; resistente al pisoteo.	Pastoreo, heno y ensilaje.
Pasto guinea	<i>Panicum máximum</i>	Crece en suelos arcillosos, bien drenados y arenosos. Algunas especies resisten en terrenos pantanosos mientras que otras en terrenos desérticos.	Pastoreo en rotación o alternación de potreros, para forraje verde, para heno y ensilaje.
Braquiaria	<i>Brachiaria</i>	Es resistente a la sequía y se	Pastoreo en rotación

común	<i>decumbens stapf</i>	adapta a suelos deficientes.	
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Resiste a la sequía, crece en suelos infértiles y pH bajo. No resiste mucha humedad. Crece en mezcla con Centrosema y Kudzú.	Pastoreo, en algunos casos para heno y ensilaje, ocasionalmente para corte.
Gordura o yaragúa Peluda	<i>Melinis minutiflora</i>	No resiste la sequía ni inundaciones. Produce en suelos pobres. Pero en suelos fértiles y bien drenados produce mejor. se adapta bien en los llanos orientales y en zonas cafeteras	Principalmente en pastoreo. Tiene valor nutricional un poco alto.
Pasto elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>	Tolera bien las heladas y las sequias, no soporta inundaciones largas. Su comportamiento es perenne.	Corte, ensilaje.
Pasto Panamá y Caña Japonesa	King Grass	Se adapta a suelos de baja fertilidad y tolera la sequía. A simple vista es muy parecido al pasto elefante.	Corte
Caña forrajera	<i>Saccharum officinarum</i>	Crece en gran variedad de suelos, pero mejor en los suelos francos arcillosos con un pH entre 5.5-7.5.	Corte y ensilaje
Sorgo forrajero	<i>Sorghum vulgare</i>	Crece mejor en suelos limo-arcillosos profundos, bien drenados y ricos en elementos nutritivos, es muy tolerante a las sequias.	Corte, ensilaje. No se recomienda en mezclas.
Pasto imperial	<i>Axonopus scoparius</i>	Requiere buenas condiciones de humedad y no prospera bien en suelos muy secos o muy húmedos.	Se utiliza en corte con una producción de 85.5 toneladas por hectárea por año

### 2.1.2.3. Según su forma o hábito de crecimiento

Las especies forrajeras presentan tres tipos morfológicos de crecimiento erectas, semierectas y decumbenentes o rastrero (5).

**Tabla 4.** Clasificación según su crecimiento. Del autor.

Crecimiento	Descripción	Ejemplo
Erectas	Desarrollo y crecimiento robusto, tallos altos y largos, los entrenudos presentan mayor distancia. Son de corte mecánico.	<i>Sorghum spp.</i> , <i>Axonopus scoparius</i> , <i>Tripsacum laxum</i> , <i>Phalaris spp.</i> , <i>Sacharum officinarum</i>
Semierectas	Crecimiento denso indeterminado	<i>Panicum máximum</i> ,

	entre erecto y decumbente, usualmente en forma de zig-zag, entrenudos cortos.	<i>Echinochloa polistachya</i> , <i>Brachiaria mutica</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> .
Decumbenente	Crecimiento de tallos es horizontal, arrastrándose sobre el suelo, son las más resistentes al pisoteo de los rumiantes. Formas de crecimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>•Estolones superficialmente</li> <li>•Rizomatosos horizontal y subterráneo.</li> </ul>	<i>Cynodon nlemfuensis</i> , Brachiarias; decumbens, humidícola, dictyoneura, <i>Dichantium annulatum</i> , <i>Dichantium aristatum</i>

### 2.1.3. Componentes nutricionales de los forrajes ganaderos

**Tabla 5.** Componentes nutricionales de los forrajes (28).

Componentes	Concentración (% base seca)
Proteína cruda	3.0 - 30
Carbohidratos estructurales	40 - 60
Carbohidratos no estructurales	4 - 60
Extracto etéreo	3 - 8
Cenizas	7 - 13

#### 2.1.3.1. Proteína cruda

Compuestos químicos complejos formados por 20 aminoácidos diferentes, hallados en todas las células vivas. Las proteínas crudas están constituidas por el 50-55% de carbono, 6.0-7.0% de hidrógeno, 20- 23% de oxígeno, 12-19% de nitrógeno y 0.2-3.0% de azufre La proteína cruda es uno de los componentes más variables en las pasturas, por diferentes factores que incluyen las condiciones climáticas, la especie, el manejo, entre otros. Los factores que inciden sobre el valor nutritivo modificarán notoriamente el contenido de proteína. Las proteína foliares se concentran principalmente en los cloroplastos. Los constituyentes no proteicos representan de un 20 a un 35% del nitrógeno total (32).

### **2.1.3.2. Carbohidratos**

Corresponden a los principales componentes de los forrajes y son responsables de una parte del peso seco de las plantas. Los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía de los rumiantes, según la función que cumplan en la planta se clasifican en:

- Estructurales: se encuentran principalmente en la pared celular en los vegetales, incluyendo la hemicelulosa, celulosa y pectinas, que a su vez incluyen azúcares simples y complejos participantes en el metabolismo intermedio, las proteínas estructurales son las que permiten tolerar los cambios en la presión osmótica extra e intracelularmente.
- No estructurales: se toma como ejemplo los almidones y los azúcares disponibles en un 100% para los rumiantes, son digeridos fácilmente por los microorganismos que se encuentran en el aparato digestivo o por las enzimas segregadas por el animal. El número y tipo de carbohidrato en la alimentación de los animales definen el nivel de rendimiento productivo de los rumiantes (32).

### **2.1.3.3. Extracto etéreo**

Lípidos de las pasturas corresponden a una pequeña fracción con escasa variación, se incluyen alrededor de 13 compuestos distintos, principalmente galactolípidos y los fosfolípidos, otro compuesto que corresponde a un porcentaje mayor del 50% del total de ácido graso es el ácido linolénico y palmítico, también se incluyen el  $\beta$ -caroteno, precursor de la vitamina A, que tiene gran importancia desde el punto de vista nutricional (32).

### **2.1.3.4. Cenizas**

El valor total de las cenizas se calcula según las proporción de compuestos inorgánicos que presenta la planta, como los minerales su contenido en las

plantas es variable y depende del tipo de planta y el suelo, precipitación y manejo del sistema suelo, planta , animal (32).

#### 2.1.4. Principales gramíneas en Colombia

Colombia está ubicada en una zona tropical y dispone de una gran área aprovechable de pastos. Parte de esta área se encuentra utilizada en Ganadería de Carne y Leche; por tanto, un manejo racional de los pastos permite aumentar fácilmente la producción de éstos por unidad de superficie.(30) (33).

Para lograr un desarrollo armónico de esta importante industria se deben utilizar reconocidas especies forrajeras de alta productividad y excelente calidad, lo cual dará el alimento óptimo y a bajo costo para la industria ganadera (30). A continuación en la tabla 6, se relacionan los pastos de corte de más reciente utilización en Colombia y cultivos forrajeros temporales que también se emplean bajo corte (31) (34).

**Tabla 6.** Principales forrajes ganaderos en Colombia (33). Modificado por el autor.

Especie	Nombre	m.s.n.m.	Rendimiento	Uso
Acacia forrajera	<i>Leucaena leucocephala</i>	0-1.800	100 t/ha/año en estado verde	Corte, ramoneo, cercas vivas
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	700-2.800	120 t/ha/año en estado verde	Corte, pastoreo, heno, ensilaje y harina
Bahía común	<i>Paspalum notatum</i>	0-2.300	4-6 t/ha/corte en estado verde	Pastoreo
Bejuco de chivo	<i>Centrosema spp.</i>	0-1.600	12 t/ha de materia seca	Corte, pastoreo, heno y ensilaje
Bracharia humidicola	<i>Bracharia humidicola</i>	1.000-2.000	10 t/ha/año de materia seca	Pastoreo, ensilaje y henificación
Brachiaria	<i>Brachiaria decumbens</i>	0-2.000	20 t/ha/año de forraje seco	Corte, pastoreo, heno y ensilaje
Climacuna	<i>Dychanthium annulatum</i>	0-1.800	40-50 t/ha/año de forraje verde	Pastoreo y ensilaje
Dallis gramalote	<i>Paspalum dilatatum</i>	0-2.000	20 t/ha/año en estado verde	Corte, pastoreo, heno y ensilaje
Gordura	<i>Melinis minutiflora</i>	200-2.200	5-20 t/ha/año de materia seca	Corte, pastoreo, heno y ensilaje
Guandual	<i>Cajanus cajan</i>	0-1.800	45-60 t/año en	Corte y ensilaje

estado verde				
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	2.200-3.000	80-100 t/ha/año en estado verde	Pastoreo
King grass	<i>Pennisetum hybridum</i>	0-2.100	40-60 t/ha/corte de forraje verde cada 54-60 días	Corte y ensilaje
Kudzú tropical	<i>Pueraria phaseoloides</i>	0-2.000	54 t/ha/año en estado verde	Corte, pastoreo, heno, ensilaje y cultivo de cobertura
Para admirable	<i>Bracharia mutica</i>	0-1.800	60 t/ha/año en forraje verde en 6 cortes	Pastoreo rotacional, heno
Pasto alambre	<i>Brachiaria brizantha</i>	0-3.000	10-17 Kg/ha/año de materia seca	Pastoreo, henificación y ensilaje
Pasto alemán	<i>Echinochloa polystachia</i>	0-1.200	12-20 t/ha/corte en forraje verde	Corte y ensilaje
Pasto angleton	<i>Dichanthium aristatum</i>	0-2.000	100-150 t/ha/año en estado verde	Pastoreo y corte
Pasto bermida	<i>Cynodon dactylon</i>	0-1.800	1.000-3.000 kg/ha/mes de materia seca	Pastoreo
Pasto bufel	<i>Cenchrus ciliaris</i>	0-2.000	60 t/ha/año en estado verde en 6 cortes	Pastoreo
Pasto elefante	<i>Pennisetum purpurem</i>	0-2.000	80-100 t/ha/corte, cada 10-12 semanas	Corte
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachium</i>	0-1.700	1-3 t/ha/mes de materia seca	Pastoreo, heno, ensilaje y malezas
Pasto guinea	<i>Panicum maximun</i>	0-1.800	60-100 t/ha/año en estado verde	Corte, pastoreo y ensilaje
Pasto panamá	<i>Saccharum sinense</i>	0-2.200	48-50 t/ha/corte	Corte y ensilaje
Pasto pangola	<i>Digitaria decumbens</i>	0-1.000	100 t/ha/año en estado verde	Pastoreo rotacional y heno
Puntero jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>	0-1.500	75 t/ha/año en estado verde	Pastoreo, heno y ensilaje
Sorgo forrajero	<i>Sorghum vulgare</i>	0-1.800	30-40 t/ha/corte en estado verde, 4-5 en el año	Corte y ensilaje

## 2.1.5. Factores que influyen en la producción



### **2.1.5.1. Edáficos**

Se relacionan directamente con el suelo, la rapidez de crecimiento y rendimiento de los forrajes por hectárea. Se debe tener en cuenta:

- pH: es un indicativo de la disponibilidad de los nutrientes del suelo y comportamiento de algunos pastos al grado de acidez.
- Nutrientes: se refiere a macroelementos principalmente N, P, K, y Ca y algunos microelementos presentes en el suelo y su disponibilidad es afectada por el pH y CIC.
- Topografía: determinante en la preparación y manejo de suelos, así como en las necesidades de agua, esto influye en la estabilidad de los suelos a través del tiempo y por lo tanto en el establecimiento del pasto.
- Drenajes: importante para el grado de humedad del suelo (29).

En Colombia los suelos varían de región a región no solo en la misma zona climática, sino también dentro de una misma serie de suelos.

### **2.1.5.2. Climáticos**

Las reacciones bioquímicas de las plantas que dependen de la producción de materia seca, están afectadas principalmente por la temperatura ambiental, puesto que estos afectan el proceso de la fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, entre otros; los factores climáticos con mayor importancia para los cultivos de pastos son las lluvias, los vientos, la temperatura y la altitud.

- Lluvia: es importante que las lluvias se distribuyan ampliamente a través del año, sin que sean demasiado prolongadas las estaciones excesivas, secas y húmedas, con el fin de obtener una producción estable de pastos.
- Vientos: en zonas donde la velocidad de los vientos sea fuerte se corre el riesgo con forrajes de alto crecimiento.

- Temperatura y altitud: para cada tipo de pasto hay una determinada temperatura en el cual su desarrollo y rendimiento es más óptimo. Para el cultivo de pastos el país se divide en 2 pisos térmicos: el cálido y el frío, en donde se incluyen la zona media y el páramo (31).

### **2.1.6. Plagas de forrajes ganaderos y su control**

Los insectos atacan a las plantas forrajeras en diferentes etapas de su desarrollo, durante el periodo de establecimiento de los pastizales son más comunes los gusanos comedores de follaje, mientras que en pastizales ya establecidos se encuentran chinches, candelillas y hormigas. Entre las diferentes especies de insectos que hacen algún tipo de daño a las especies forrajeras, solo unas cuantas se consideran plagas importantes, como los lepidópteros, estos aparecen frecuentemente haciendo daño en el establecimiento de especies forrajeras (3) (29).

Hoy en día muchos productores acuden al uso masivo de plaguicidas para el exterminio de estas plagas, pero a través de un buen manejo de los pastizales se puede evitar la proliferación de insectos en los potreros (3). Adicionalmente, también se ve involucrada la ganadería, puesto que, el desarrollo de una ganadería limpia sin el uso de pesticidas es uno de los objetivos del Ministerio de Agricultura (Resolución 074 de abril /2002) el cual desea promover por medio de incentivos a la obtención de productos ecológicos, por esta razón se deben utilizar productos naturales para el manejo agronómico y zootécnico de los cultivos forrajeros; con este sistema de producción se podría tener leche y carne de óptima calidad la cual accedería a la certificación como leches y carnes ecológicas y al aval para su incursión a los mercados internacionales (3).

Una vez que un potrero es atacado por un insecto específico lo mejor es aplicar un control biológico de plagas que a su vez es integrado, es decir, incluye el factor pasto, manejo del pasto, insecto, tipo de pastoreo y animal que va a

pastorear (3). En los pastos la producción de altas cantidades de forraje hace que la defoliación por la presencia de insectos comedores de hoja no represente mucho daño, considerando además la presencia de otros insectos benéficos y/o microorganismos que actúan como enemigos naturales los cuales se alimentan de los primeros, pero si la población de insectos plaga ataca en forma masiva por desequilibrios en el ecosistema, se convierten en problema ocasionando daño económico a las praderas. Para todos los casos en los que necesitemos hacer un control de un insecto, lo correcto es identificarlo y conocer su ciclo de vida, para tomar las mejores decisiones para que su control sea eficaz (3).

### **2.1.7. Efectos adversos de los plaguicidas**

En los últimos 50 años, la lucha contra las plagas se ha basado principalmente en el uso intensivo de plaguicidas químicos o venenos. Cuando se empezaron a aplicar parecían ser la solución adecuada para controlar los daños que causaban las plagas en las cosechas y aumentar la producción. Sin embargo, el aumento de la producción agrícola como fruto del uso de los plaguicidas químicos ha conllevado un costo social, económico y ambiental muy alto. El mal manejo y el empleo de plaguicidas químicos de reconocida peligrosidad causan múltiples problemas que afectan la sostenibilidad del agrosistema, la biodiversidad, la economía, el bienestar y la calidad de vida de la humanidad (35).

En nuestro país se sigue utilizando plaguicidas químicos motivados por el mercado de consumo, la propaganda, los intereses económicos y hasta las políticas agropecuarias y educativas gubernamentales que quizás ignoran el daño que están causando. Por ejemplo, en Centroamérica se utilizan para combatir insectos el arsénico y el plomo, junto con el cobre, azufre o sulfuro de calcio. Se sabe desde mucho tiempo atrás que estos plaguicidas son muy tóxicos para todos los seres vivos que mantienen su efecto, permaneciendo en los suelos por muchos años (35).

Los plaguicidas químicos son sustancias tóxicas capaces no sólo de destruir plagas, también pueden producir daños severos en la salud humana, y animal, además de contaminar el medio ambiente (35) (36).

Cuando se usa un plaguicida químico para combatir la plaga, esas sustancias también son capaces de eliminar organismos conocidos como enemigos naturales que ayudan a controlar las plagas. Por ello, los plaguicidas más bien fomentan la aparición de cantidades anormales de otros organismos que se convierten en nuevas plagas. Adicionalmente, los plaguicidas son cada vez menos eficaces debido a que las plagas se vuelven más resistentes a su acción (35) (36).

## **2.2. Lepidópteros**

El término lepidóptero, proviene de las raíces griegas lepidó que hace referencia a “escama” y pteron a “ala”, son insectos de metamorfosis completa (37), la orden lepidóptera cuenta con casi 120.000 especies a nivel mundial, son insectos de tamaño variado y diversidad morfológica, divididas en Rhopalocera (mariposas diurnas) que se caracterizan por tener las antenas terminando en una masa, comprendiendo aproximadamente 15.000 especies y Heterocera (mariposas nocturnas) con unas 85.000 especies caracterizadas por tener las antenas de formas muy variadas, repartidas en unas 127 familias ((37), (38), (39), (40)); Se distribuyen por todo el planeta excepto regiones permanentemente heladas, más del 30% se localizan en la región neotropical, y en menos proporción en islas subantárticas las especies migratorias (41).

Los lepidópteros son polífagos y causan mayor daño e impacto económico en estado larval esto se debe principalmente por su aparato bucal de tipo masticador, con el cual defolian rápidamente a las plantas (42), dejando sólo la nervadura central, pueden llegar a ocasionar pérdidas de hasta 4,0 t/ha en la producción de biomasa foliar con una densidad poblacional de 300 larvas /m<sup>2</sup> hallándose pérdidas del 25 % de materia verde, cuando la población es de 2

larvas/m<sup>2</sup> y del 75% cuando es de 23 larvas/m<sup>2</sup> (6) (43); la familia de mayor importancia puesto que se comporta como plaga en los forrajes ganaderos es la Noctuidae (44).

### 2.2.1. Familia Noctuidae

Familia del orden lepidóptero con mayor número de especies aproximadamente 26.000, por lo general con hábitos nocturnos, fototaxia positivo, son diversos en tamaños que oscilan entre 20 a 50 mm de expansión alar, usualmente son de tonos oscuros, las larvas son de tamaño medio, miden de 25 a 50 mm, tienen de 5 a 7 instares (45) (46), el tiempo depende principalmente por las condiciones climáticas usualmente oscila entre 30 a 50 días, dado a sus hábitos alimenticios y daños que ocasionan a las plantas hospederas, se les han otorgado diferentes nombres, los más comunes son: gusano cogollero, falso medidor, cortador, trozador, perforador y soldador (37) (38). Las larvas de esta familia consideradas plagas se resumen en la tabla 12, de estos los más importantes y de mayor impacto económico en Colombia son *Mocis latipes* y *Spodoptera frugiperda* (3) (47) sus ataques son inesperados, debido a que las malezas representan un medio apropiado para el crecimiento de estas poblaciones, además ejecutan un rol importante ya que actúan como reservorio para la plaga, esta se desplaza a distintas clases de pastos y logra acceder a cultivos ya implantados con facilidad (5), (47). A continuación en la tabla 7 se destacan los lepidópteros de mayor importancia en forrajes ganaderos.

**Tabla 7.** Lepidópteros considerados plaga en forrajes ganaderos (3).

Nombre científico	Nombre común
<i>Agrotis ípsilon</i>	Gusano cortador
<i>Azeta melanea</i>	Gusano matarraton
<i>Mocis latipes</i>	Gusano medidor
<i>Stegasta bosquella</i>	Gusano perforador
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano cogollero

### 2.2.1.1. *Mocis latipes*

Esta plaga conocida como gusano medidor, se ha encontrado alrededor de 20 especies desde Estados Unidos hasta Brasil; se considera originario de las regiones tropicales y subtropicales (48), tiene una amplia distribución en América Central, América del Sur el Caribe. Actualmente es común encontrarlo desde Canadá hasta el Este de Argentina y las montañas de los Andes, también se ha localizado en países como México, Brasil, Cuba, República Dominicana, Estados Unidos, Guyana, Haití, Jamaica, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Venezuela y Colombia (49) (50), produciendo afectaciones a distintas especies de plantas especialmente gramíneas y pérdidas importantes en el sector ganadero debido a los insuficientes nutrientes que adquieren los rumiantes del forraje afectado por este tipo de plagas (7) (13). En la tabla 8 observamos la clasificación taxonómica de *Mocis Latipes*.

**Tabla 8.** Clasificación taxonómica *Mocis latipes* (51).

Reino: Animal  
Filum: Arthropoda  
Sub-filum: Mandibulata  
Clase: Insecta  
Sub-clase: Pterygota  
Orden: Lepidóptera  
Sub-orden: Ditrysia  
Familia: Noctuidea  
Sub-familia: Catacolinae  
Género: *Mocis*  
Especie: *latipes*

El gusano medidor es una especie polífaga que consume el limbo foliar destruyendo las nervaduras de las hoja (figura 1), entre los hospederos más nombrados se encuentran, sorgo, arroz, trigo, caña de azúcar, y gramíneas forrajeras (52), (53), (54), (47). Como se nombra a continuación en la tabla 9.

**Tabla 9.** Hospederos más importantes de *Mocis latipes*. Del autor.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Fabaceae
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Gramínea

Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Gramínea
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	Gramínea
Trigo	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Polygonaceae
Pasto	<i>Cenchrus clandestinus</i>	Gramínea
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachius</i>	Gramínea
Pasto cuaresma	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Gramínea
Pasto kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Gramínea



**Figura 1.** Daños en pasto ocasionado por larvas de *Mocis latipes* (55).





El principal daño que provoca esta plaga es la pérdida de área foliar de la planta afectando su fotosíntesis generando un estrés y disminuyendo su productividad, dependiendo del nivel de infestación, puede provocar el desarrollo del forraje se detenga e incluso producir su muerte (56). *M. latipes*, se alimenta de una variedad de cultivos forrajeros pero parece preferir la grama bermuda verde y bien fertilizada, tiene una alta afinidad por el forraje de tipo estrella (3).

#### **2.2.1.1.1. Ciclo biológico – Morfología**

Durante el crepúsculo los adultos vuelan hacia las plantas para aparearse, después de dos o tres horas, las hembras atraen a los machos con sus feromonas sexuales y extienden su órgano ovopositor para indicarles su disposición para el apareamiento, los macho responde al llamado realizando un

vuelo en ángulo oblicuo hasta posarse en el follaje (42), la mayor actividad de apareamiento se presenta en la media noche, ocho días después ovopositan entre 40 y 60 huevos en el envés hacia la parte inferior de las hojas cerca a la vena central, los huevos eclosionan depende de las condiciones climáticas (4-5 días) (57), las larvas se desplaza arqueándose, durante sus dos primeros estadios son más voraces y los daños ya son observables permanecen y se alimentan de la planta hospedera, posteriormente migra a plantas vecinas alimentándose de los bordes de la hoja hacia la nervadura central (47) (50), hacia el sexto estadio migra hacia la parte inferior de la planta para empupar en un capullo envuelto en el follaje, después de cinco a diez días resurge el adulto escoge la planta para alimentarse de las hojas de la parte inferior de la planta, oviposición, apareamiento y comienza de nuevo el ciclo (56) (52). En la tabla 10 se muestra la morfología de *Mocis latipes* en sus diferentes estadios.

**Tabla 10.** Morfología de *Mocis latipes*. Del autor.

<p style="text-align: center;"><b>Huevo</b></p>  <p style="text-align: right;">(58)</p> <p style="text-align: center;">4 a 5 días</p>	<p>Tienen forma esférica, inicialmente son de color crema luego de color verde pálido, cuando están cerca de la eclosión son de color verde grisáceo, poseen líneas radiales muy uniformes, miden entre 0.4 a 0.5 mm de diámetro.</p>
 <p style="text-align: right;">(59)</p> <p style="text-align: center;">14-21 días 7-8 estadios</p>	<p>Son de color café claro, presentan tres pares de patas torácicas, 2 pares de pseudopatas en su región anal un telson con dos bandas torácicas negras y dos rayas longitudinales amarillas, presentan un color café en la cabeza y el cuerpo, miden de 3.0 a 4.0 cm de longitud al final de su desarrollo</p>
<p style="text-align: center;"><b>Pupa</b></p>  <p style="text-align: right;">(55)</p> <p style="text-align: center;">5-10 días</p>	<p>Su coloración varía, empiezan con una coloración café muy claro y culminan con café oscuro, permanecen cubiertas por una serosidad blancuzca, su tamaño puede varias entre 18 y 20 mm de longitud.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Adulto</b></p>  <p style="text-align: right;">(60)</p> <p style="text-align: center;">6-19 días</p>	<p>Tienen una expansión alar de 35 a 40 mm, la cabeza es pequeña, con ojos globosos oscuros y antenas filiformes. Macho y hembras presentan dimorfismo sexual marcado, pero generalmente se pueden distinguir el uno del otro por medio de sus alas anteriores, son café a gris oscuro, poseen marcas en círculo de tonalidad oscura en el área delantera, además hay unas pocas líneas finas, onduladas y oscuras que recorren las alas transversalmente. En los machos las alas posteriores presentan espinas y un fleco de pelos largos.</p>



### 2.2.1.2. *Spodoptera frugiperda*

Esta plaga conocida como gusano cogollero, es endémica en el continente Americano especialmente en los trópicos de América del Sur, se ha encontrado desde Sureste de Canadá Florida, Louisiana, Mexico, América central, el Caribe, Colombia, Brasil y Argentina (54) (61), su amplia distribución geográfica se debe a la facilidad y rapidez de adaptabilidad que tiene en el medio ambiente, por esta razón produce afectaciones a distintas especies de plantas especialmente a gramíneas; cuando esta infesta un cultivo genera pérdidas del 60% (47) (62). A continuación en la tabla 11, se muestra la clasificación taxonómica de *Spodoptera frugiperda*.

**Tabla 11.** Clasificación taxonómica *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

Reino: Animal  
Filum: Arthropoda  
Sub-filum: Mandibulata  
Clase: Insecta  
Sub-clase: Pterygota  
Orden: Lepidóptera  
Sub-orden: Frenatae  
Familia: Noctuidea  
Tribu: Predenirii  
Género: *Spodoptera*  
Especie: *frugiperda*

El gusano cogollero es una especie polífaga puesto que ataca más de 186 especies de plantas, especialmente a la familia de las gramíneas con un 35,5%, seguido de la familia Fabaceae con un 11,3%, las familias Asteraceae Solanaceae cada una con un 4,3%, familias Chenopodiaceae y Rosaceae cada una con un 3,7% y por último las familias Brassicaceae y Cyperaceae con un 3,2% (54); entre los hospederos más nombrados se encuentran maíz, sorgo maní, caña de azúcar, arroz, algodón, soja, papa y gramíneas forrajeras (63). La tabla 12 resalta los hospederos más importantes de *Spodoptera frugiperda*.

**Tabla 12.** Hospederos más importantes de *Spodoptera frugiperda*. Del autor.

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Gramínea
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	Malvaceae
Angleton	<i>Dichantium aristatum Benth</i>	Gramínea
Avena forrajera	<i>Avena sativa</i>	Gramínea
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Gramínea
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	Gramínea
Soja	<i>Glycine max</i>	Fabaceae
Maíz	<i>Zea mays</i>	Gramínea
Maní	<i>Arachis pintoi</i>	Fabaceae
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Gramínea
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanácea
Pasto azul	<i>Setaria aphacellata</i>	Gramínea
Pasto ajuga	<i>Brachiaria humidicola</i>	Gramínea
Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachius</i>	Gramínea
Pasto cuaresma	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Gramínea
Pasto kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Gramínea
Pasto sabanero	<i>Andropogon gayanus</i>	Gramínea

Las larvas consumen el cogollo o verticilo de las plantas generado defoliación además de perjudicar el meristemo apical en desarrollo (figura 2), su impacto económico es constante, debido a que presentan durante todo el ciclo vegetativo del cultivo (64), y su control o erradicación es difícil, todo esto se traduce a un incremento económico en el mantenimiento del cultivo o la pérdida total o parcial de este, para el caso de los forrajes ganaderos, no alcanza a cubrir las necesidad nutricionales del ganado (47) (44).




**Figura 2.** Daño ocasionado por larvas de *Spodoptera frugiperda* (65).

#### 2.2.1.2.1. Ciclo biológico – Morfología

Durante las primeras horas de la noche las hembras ovopositan en masas que varían de 40, a 1500 huevos en el envés de las hojas (66), estas masas son cubiertas con escamas de su cuerpo y segregaciones del aparato bucal con el fin de protegerlos de factores ambientales adversos o enemigos naturales (67), la eclosión varía según las condiciones climática; en el primer estadio las larvas viven en grupos, a partir del segundo estadio se separan, puesto que presentan hábitos caníbales (45), por esta razón cada larva tiene su planta y se distribuyen rápidamente en los cultivos, a medida que van creciendo van migrando hacia el cogollo, mientras tanto se alimentan de las hojas hasta llegar al cogollo para alimentarse de este (67) (68) (69), cerca al sexto estadio migra hacia la parte inferior de la planta para empupar a la sombra y cubierta por malezas para resguardarse, después de ocho a treinta si las condiciones ambientales son las ideales en promedio a los trece días resurge el adulto, estos durante el día se esconden en la maleza (64) (70), su actividad comienza al atardecer y la noche donde se desplazan por kilómetros de distancia, especialmente cuando hay vientos fuertes, para aparearse y empezar de nuevo el ciclo (54). A continuación en la tabla 13 observamos la morfología de *Spodoptera frugiperda* en sus diferentes estadios.

**Tabla 13.** Morfología *Spodoptera frugiperda*. Del autor.

<p><b>Huevo</b></p>  <p>(71) 2 a 3 días</p>	<p>Tienen forma globosa afilados en sus polos, inicialmente de color rosado pálido luego de color grisáceo cuando están cerca de la eclosión, poseen estrías radiales, miden 0.5 a 0.6 mm de diámetro.</p>
--	--

<p style="text-align: center;"><b>Larva</b></p>   <p style="text-align: center;">(71) (72) 14-22 días 6-7 estadios</p>	<p>Cuando emergen son blanquecinas vidriosas, el dorso y la cabeza son de color negro intenso, desde el segundo al cuarto estadio son grisáceas parda en el dorso y en el lado ventral verdes, en la parte superior de los costados y el dorso poseen tres líneas blancas y sobre ellas una hilera de pelos blancos amarillentos, superpuesta en cada segmento del cuerpo tienen cuatro manchas negras vistas desde arriba; adicionalmente tienen una "Y" de color blanco invertida en la parte frontal de la cabeza, miden de 35-40 mm de longitud.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Pupa</b></p>  <p style="text-align: center;">(70) 8-30 días</p>	<p>Son de color pardo rojizo, más oscura en el protórax miden cerca de 2.0 cm de longitud.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Adulto</b></p>  <p style="text-align: center;">(73) 6-21 días</p>	<p>Macho y hembra presentan dimorfismos sexual marcado, la hembra con expansión alar de 25 a 40 mm, grisáceas, con mancha orbicular poco visible, la línea postmedial doble; el macho con longitud corporal de 20 a 30 mm, expansión alar de 32 a 35 mm, las alas anteriores con pequeñas manchas violáceas, tonalidad pardo grisáceas, en la región apical se encuentra una ancha blanquecina notoria, una bifurcación poco visible que se extiende a través de la vena costal bajo la mancha reniforme; la línea subterminal parte del margen la cual tiene contrastes gris pardo y gris azulado; las alas posteriores son blanquecinas.</p>

### 2.3. Control de Lepidópteros

En la producción agrícola un aspecto de primordial importancia es el control de plagas, existen varias alternativas enfocadas en realizar un manejo de fitopatógenos, estas prácticas involucran modificaciones en cultivos capaces de reducir plagas directa o indirectamente, en el caso de los lepidópteros, se destacan insecticidas, prácticas culturales y control biológico (3).

- El control cultural como las inspecciones nocturnas alrededor y en la parte inferior de las plantas varias semanas seguidas ya que pueden desarrollarse infestaciones devastadoras repentinamente (13). La principal práctica de control en forrajes ganaderos es la eliminación de malezas, como *Digitaria decumbes*, *Cenchrus spp.*, *Paspalum notatum*,

*Eleusine* entre otras, además del volteo y rotación del suelo al iniciar la siembra (3) (57), también se debe cuidar y fertilizar bien el cultivo, ya que las plantas en buena condición pueden tolerar más daño al follaje sin sufrir mermas significativas en la producción (74).

- El control químico se utiliza con frecuencia, no es la mejor estrategia para combatir una plaga, debido a que regularmente se asocia a efectos negativos como la reaparición de la plaga, otro factor son la irrupción de plagas secundarias como consecuencia de la eliminación de los enemigos naturales que la controlaban esto puede ser el resultado de la baja especificidad del plaguicida y/o la adquisición de una resistencia al plaguicida por parte de la plaga (75). Los productos químicos que se emplean comúnmente en Colombia para el control de plagas de forrajes ganaderos se observan en la tabla 14 (76).

**Tabla 14.** Productos para el control químico de insectos en forrajes ganaderos. Del autor.

Nombre comercial	Modo de acción
Malathion 57 Ec (malación)	Contacto
Dimilin 2L (diflubenzuron)	Ingesta
Lannate 2.4 LV (methomyl)	Contacto y/o ingesta
Sevín 80 S (carbaryl)	Ingesta
Sevin XLR Sevín 4F (carbaryl)	Ingesta
Tracer (spinosad)	Contacto
Sevín 4 F (carbaryl – líquido)	Ingesta

- El control biológico es una práctica que poco se emplea en los forrajes ganaderos, para el control de Lepidópteros los microorganismos más utilizados son *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis* (5) (75).

Esta se basa en el empleo de organismos que regulan a otro, con el fin de estabilizar la poblacional de un organismo que está afectando un cultivo y generando pérdidas económicas (77), existen varios tipo de controladores biológicos entre los cuales se destacan tres en el ámbito entomológico como lo son (78):

- Depredadores, que son artrópodos (insectos y arácnidos) que devoran su presa, ejemplo de ellos *Amblyseius chilensis* conocido regulador de la araña roja.
- Parasitoides que se alimentan de su hospedero (la plaga) desestabilizándola, como *Trichogramma spp.*, *Microhimenóptero trissolcusbasalis*.
- Entomopatógenos como hongos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomurea rileyi* *Verticillium lecanii*, *Entomophthora spp* y *Zoopthora*), bacterias (*Bacillus spp*), virus (*Polihedrosis nuclear* y citoplasmática, *Entomopoxivirus*, *Baculovirus*), y nemátodos (*Monochid*, *Dorylamida* y *Diplogasteroide*) (78).

### **2.3.1. *Beauveria bassiana***

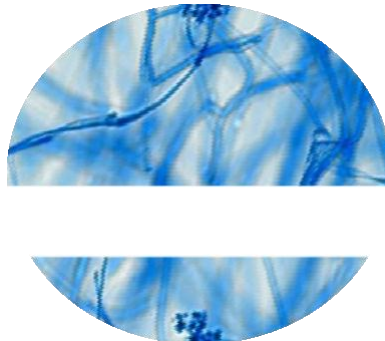
Hongo anamórfico entomopatógeno que infecta cerca de 175 artrópodos, se ha recuperado del cuerpo de insectos del orden Coleóptera, Lepidóptera y Homóptera (79). Es un parásito facultativo, puesto que puede crecer tanto en su hospedante como sobre medios artificiales; es un hongo cosmopolita que se encuentra en ambientes naturales como suelo, invernaderos, superficies de hojas e insectos muerto. Generalmente es asociado con el término Muscardina Blanca, ya que el micelio y los conidios cubren el cuerpo o los espacios articulares con una capa de color blanco (80). Anteriormente se había clasificado dentro del género *Beauveria* Vuill., junto con tres especies de importancia agrícola, *B. bassiana*, *B. brongniartii* y *B. alba* (81). Vuillemin clasificó a *Beauveria* dentro de la familia Verticillaceae (81). Filogenéticamente se ha evidenciado que *Beauveria* está asociado con la familia Cordycipitaceae del orden Hypocreales (80). La tabla 15 muestra la taxonomía de *Beauveria bassiana*.

**Tabla 15.** Taxonomía de *Beauveria bassiana* (81).

Reino: Fungi  
Sub-reino: Dikarya  
Filum: Ascomycota  
Sub-filum: Pezizomycotina  
Clase: Sordariomycetes  
Sub-clase: Hypocreomycetidae  
Orden: Hypocreales  
Familia: Cordycipitaceae  
Género: Cordyceps  
Especie: *Beauveria bassiana*

### 2.3.1.1. Descripción microscópica

Se caracteriza por presentar células conidiógenas globosas a sub-globosas (2.0-3.0 x 2.0-2.5  $\mu\text{m}$ ) con un cuello muy corto, las estructuras conidiógenas forman grandes grupos, conidióforos apiñados formando sinnemas o grupos de conidióforos muy juntos, las conidias son hialinas y lisas, globosas elipsoidales, raquis en zíg-zag (81) (80).



**Figura 3.** Características microscópicas, coloración Azul de lactofenol de *B. bassiana*, en objetivo 40x. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao.

### 2.3.1.2. Descripción macroscópica

Se caracteriza por presentar un crecimiento lento, circular, llegando alcanzar 20 mm de diámetro en 10 días (82), las colonia están un rango de 0.6 a 2.3 cm de diámetro, el aspecto es lanoso y en forma de polvo debido a los abundantes

conidios, es de color blanco en un principio, tornándose amarillenta posteriormente en la parte del centro, de textura blanda y superficie plana (81).

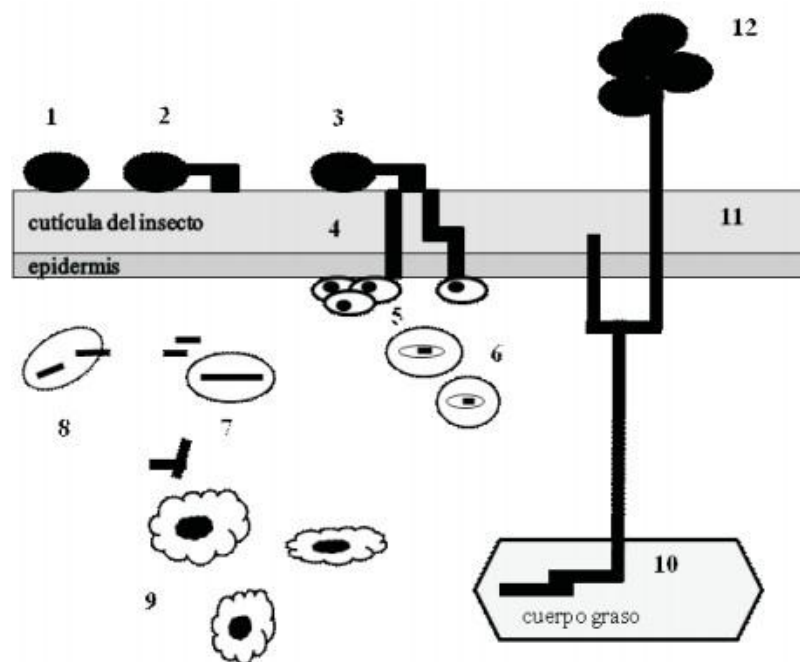


**Figura 4.** Características macroscópicas de *B. bassiana* en Agar PDA. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao

#### **2.3.1.3. Mecanismos de acción**

Los hongos entomopatógenos, a diferencia de otros agentes, no necesitan ser ingeridos por el insecto para controlarlo (82), pudiendo ocurrir la infección por contacto y adhesión de las esporas a las partes bucales, membranas intersegmentales o a través de los espiráculos. El desarrollo de la enfermedad en el insecto está dividido en tres fases, adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto, - penetración en el hemocele y - desarrollo del hongo (83).





**Figura 5.** Esquema del desarrollo del hongo en el insecto (84).

1. Adhesión de esporeta a cutícula del insecto, 2. Germinación y formación del apresorio, 3. Penetración de cutícula, 4. Crecimiento lateral y penetración en la epidermis, 5. Agregación de los hemocitos en el lugar de penetración fúngica, 6. Fagocitosis de cuerpos hifales por células fagocíticas del insecto, 7. Transformación a cuerpos levaduriformes, 8. Evasión del sistema inmune, 9. Propagación en el hemocele, 10. Transformación a cuerpo hifal, 11. Esporulación y germinación atravesando la cutícula del insecto, 12. Diseminación de las esporas. Tomada Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos (84).

### 2.3.1.3.1. Adhesión de la esporeta a la cutícula del hospedero y germinación de la esporeta.

El primer contacto sucede cuando la esporeta del hongo se deposita en la superficie del insecto. La adhesión ocurre sucesivamente en tres etapas:

- Adsorción de la esporeta a la superficie mediante el reconocimiento de receptores específicos de naturaleza glicoproteica en el insecto: iones divalentes como el  $\text{Ca}^{+2}$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  reducen las fuerzas de repulsión electrostática de la superficie del insecto, y afectan la hidrofobicidad (83).
- Adhesión de la interfase entre la esporeta pre-germinada y la epicutícula: una vez afectada la hidrofobicidad, las adhesinas sintetizadas por el hongo, que se encuentran en la superficie de las esporas, reconocen el

receptor y se adhieran al insecto; la pre-germinación de la espora se inicia con el hinchamiento de la misma, que es favorecido por la humedad aportada por el ambiente y el insecto (83) (85).

- Germinación y desarrollo hasta la formación del apresorio para comenzar la fase de penetración: la germinación es disparada por mensajeros que generalmente son carbohidratos presentes en las proteínas cuticulares del insecto, finalmente se desarrolla el apresorio por los nutrientes cedidos debido a la degradación de la cutícula (86) (87).

#### **2.3.1.3.2. Penetración en el hemocele**

Acción combinada de dos mecanismos uno físico y uno químico

- Físico: presión ejercida por el haustorio (estructura fúngica) la cual se encarga de deforma inicialmente la capa cuticular rompiéndola, luego las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula (88).
- Químico: acción enzimática hidrolítica, de las proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales degradan el tejido en la zona de penetración, facilitando la entrada del hongo (86). Estudios indican que en la digestión del integumento sigue una secuencia de lipasa-proteasa-quitinasa (84).

#### **2.3.1.3.3. Replicación en el hemocele**

Una vez dentro del insecto, el hongo prolifera formando cuerpos hifales secundarios, que se ramifican en la procutícula conformada principalmente de fibrillas lameladas de quitina embebidas en una matriz proteínica que actúa como cubierta física protectora ante el sistema inmune del insecto. Posteriormente, las hifas se encuentran con la capa epidérmica y se diseminan a través del hemocele (84) (89).

Al agotarse los nutrientes, el hongo inicia un crecimiento miceliar invadiendo todos los órganos del hospedero. Finalmente, las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie iniciando la formación de esporas cuando la humedad relativa es adecuada (87) (89).

### **2.3.2. *Bacillus thuringiensis***

Es un bacilo Gram positivo, formador de espora, de flagelación peritrica, anaerobio facultativo, quimioorganótrofo, con actividad de catalasa, fermenta glucosa, fructosa, trealosa, maltosa y ribosa, e hidrolizar gelatina, almidón, glucógeno, esculina y N-acetil-glucosamina (90) (91).

Es una bacteria cosmopolita que se encuentra en ambientes naturales como suelo, invernaderos, superficies de hojas, coníferas e insectos muertos, pero también se encuentra con elevada frecuencia en muestras de agua y polvo (92), en diferentes ecosistemas como desiertos, estepas, bosque tropical húmedo, zona de alta montaña, playas y cuevas. Es un habitante ampliamente distribuido en un gran número de ecosistemas, debido a la producción de esporas, las cuales pueden permanecer por periodos de tiempo muy largo en ausencia de humedad y nutrientes, Cuando la espora se encuentra en un medio rico que contenga los nutrientes necesarios puede comenzar nuevamente su crecimiento vegetativo; *B. thuringiensis* es un bacilo Gram positivo, formador de espora, de flagelación peritrica, anaerobio facultativo, quimioorganótrofo, con actividad de catalasa, fermenta glucosa, fructosa, trealosa, maltosa y ribosa, e hidrolizar gelatina, almidón, glucógeno, esculina y N-acetil-glucosamina (92) (93).

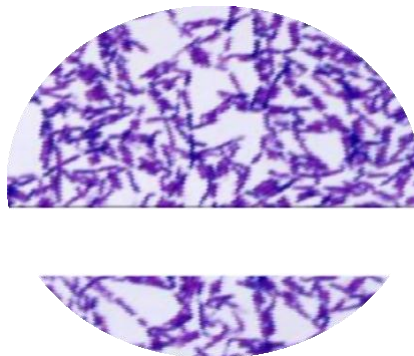
Ubicada dentro del grupo uno del género *Bacillus*; forma parte del grupo de *Bacillus cereus*, el que incluye a *B. anthracis*, *B. cereus*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides* y *B. weihenstephanensis*. A continuación en la tabla 16 muestra la taxonomía de *bacillus thuringiensis*.

**Tabla 16.** Clasificación taxonómica *Bacillus thuringensis* (91)(94).

Reino: Eubacteria  
Filum: Firmicutes  
Clase: Bacilli  
Orden: Bacillales  
Familia: Bacillaceae  
Género: *Bacillus*  
Especie: *thuringensis*

### 2.3.2.1. Descripción microscópica

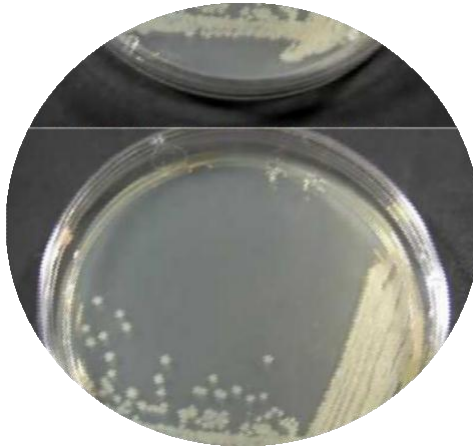
Bacilos Gram positivos, de 1,2 mm de diámetro por 3.0 a 5.0 mm de largo, con borde redondeados, formación en cadenas cortas, con esporas elipsoidales y centrales que no provocan el hinchamiento del perfil bacilar (95).



**Figura 6.** Características microscópicas, coloración de Gram de *B. thuringensis*, en objetivo 100X. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao.

### 2.3.2.2. Descripción macroscópica

Colonias de 3.0 a 8.0 mm de diámetro, blancas a crema, convexa, con aspecto de vidrio esmerilado y bordes regulares. En Agar Sangre se observa  $\beta$ -hemólisis con hemólisis completa, de color de gris a verde, con aspecto de vidrio esmerilado y bordes regulares, que forman agrupaciones en cadena (95).



**Figura 7.** Características macroscópicas de *B. thuringiensis* en Agar Nutritivo. Tomada por el docente Julian Muñoz Henao.

### **2.3.2.3. Mecanismos de acción**

*B. thuringiensis* posee factores de virulencia como, fosfolipasas, proteasas, quitinasas,  $\alpha$ -endotoxinas o exotoxinas termolábiles,  $\beta$ -exotoxinas (toxinas que funcionan como análogos de ATP), proteínas VIP (proteínas insecticidas que se forman en la fase vegetativa de crecimiento) y las  $\delta$ -endotoxinas (proteínas que se acumulan en la fase de esporulación formando cristales paraesporales) (96).

#### **2.3.2.3.1. Las $\delta$ -endotoxinas**

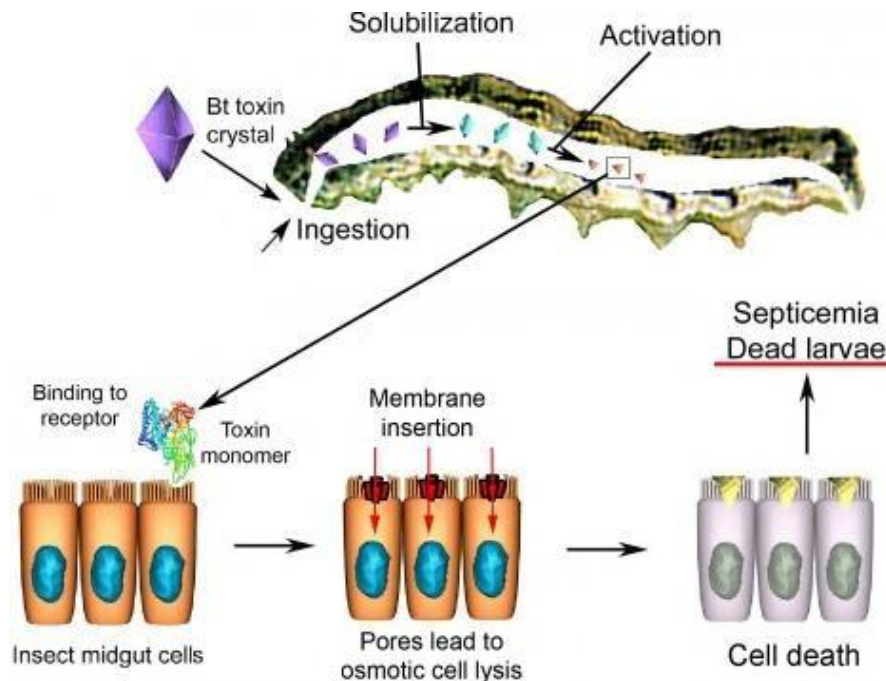
Se clasifican en dos grupos

- Cry: proteína paraesporal que muestre un efecto tóxico hacia algún organismo, demostrable por medio de bioensayos o cualquier proteína que muestre similitud de secuencia con las proteínas Cry descritas hasta el momento (96).
- Cyt: proteínas paraesporales que muestran actividad citolítica o que presentan similitud con la secuencia de algunas proteínas Cyt conocidas (96).

Estos cristales pueden presentar distintas morfologías y pueden clasificarse en bipiramidales, cúbicos, cuadrados aplanados, esféricos y otras formas atípicas menos frecuentes, se establece asociaciones entre la morfología del cristal, sus

proteínas Cry constituyentes, el peso molecular de éstas y su espectro de actividad insecticida (91).

El mecanismo de acción de las proteínas Cry es un proceso de varios pasos. Los cuales se pueden observar en la figura 8.



**Figura 8.** Mecanismos de acción proteína Cry. Tomada de Characterization of Cry toxin mode of action. Modificado por el autor (97).

1. Solubilización y procesamiento de las protoxinas Cry: se solubilizan a pH alcalino; el intestino medio de la mayor parte de las larvas de insectos susceptibles se caracteriza por su alto pH y condiciones reductoras, para que Cry se active debe ser procesadas por las proteasas del intestino medio de los insectos y así libera el fragmento tóxico (98)(99).
2. Unión al receptor: después de ser activadas, las proteínas Cry se unen a sitios específicos localizados en la microvellosidad de las células columnares del intestino medio de las larvas de insectos susceptibles; la interacción inicial entre la toxina y su sitio de es irreversible(99) (96).
3. Inserción en la membrana y formación de poro: la fase irreversible de la unión de las proteínas Cry a la membrana se considera como una evidencia, puesto que las proteínas Cry se insertan en la membrana, para luego causar la destrucción del tejido intestinal de las larvas de

insectos susceptibles; interactúan con membranas lipídicas artificiales e insertarse en las mismas, formando canales permeables principalmente a cationes pero también a aniones y solutos neutros (100) (94).

#### **2.4. Uso de control biológico en Colombia**

Colombia históricamente ha estado comprometida con el uso de biocontroladores desde comienzos desde el siglo pasado, en la actualidad cuenta con la destreza técnica para su producción masiva, y muchas empresas encargadas de realizar agroquímicos y biocontroladores están reexaminando su potencial, además se llevan a cabo nuevos estudios donde se evaluó su acción en diversos cultivos y las interacciones microbianas más efectivas contra plagas y amigables con el medio ambiente, aunque son muchos los controladores utilizados, se destaca el uso *B. bassiana* y *B. thuringensis* alternativas óptimas (101) para el manejo de plagas por razones como:

- Evitar el surgimiento de resistencia de las plagas.
- Mejorar los cultivos agrícolas ya que no produce fitotoxicidad y facilita los controles culturales que realizan los operarios en los cultivos.
- Contribuye en los procesos de certificaciones internacionales, ya que se minimizan el uso de plaguicidas químicos de uso agrícola, indicador importante en este tipo de procesos.
- Es un factor innovador en las empresas que logran implementar esta herramienta dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP) de sus cultivos, proporcionando nuevas oportunidades de mercado y obteniendo un precio mayor por este tipo de implementaciones en los procesos productivos (36) (78).

Por estas y muchas otras razones, durante los últimos veinte años, el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, ha concentrado la investigación entomológica en la búsqueda de alternativas tendientes a enriquecer y diversificar los programas de manejo integrado de plagas; por tal razón a la fecha se

encuentran registrados y aprobados por el ICA, 131 productos que su ingrediente activo está conformado por *B. thuringensis* y 51 de *B. bassiana*, los primeros registros de cada uno aparecen desde el año 1994 y el último registro para *B. thuringensis* es del 18 de Junio del 2018, para *B. bassiana* 20 de Junio del 2018 (102).



### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo cualitativo, documental ya que se realizó una selección de información a partir de artículos, manuales técnicos y diferentes estudios de *B. bassiana* y *B. thuringensis*, en el control biológico de lepidópteros en forrajes ganaderos.

#### **3.2. Universo**

Fuentes bibliográficas acerca de microorganismos con actividad biocontroladora en lepidópteros.

#### **3.3. Población de estudio**

Literatura científica, bases de datos, artículos e información obtenida de entidades nacionales e internacionales, sobre *B. bassiana* y *B. thuringensis*, en el control biológico de lepidópteros.

#### **3.4. Muestra**

Literatura científica relacionada con estudios e investigaciones encaminadas a la actividad de sobre *B. bassiana* y *B. thuringensis*, en el control biológico de lepidópteros en forrajes ganaderos.

#### **3.5. Métodos**

##### **3.5.1. Revisión de la información existente**

Se realizó a partir de fuentes bibliográficas que aportaron la información tratada en el actual escrito sobre *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis*, en el control biológico de lepidópteros en forrajes ganaderos. Se revisaron investigaciones, artículos científicos, manuales técnicos, bases de datos e información en la WEB.

### 3.5.2. Selección del material bibliográfico de acuerdo a la temática a tratar

Como primera medida se investigó los forrajes ganaderos que se utilizan en Colombia y su problemática frente a los lepidópteros que lo atacan, así mismo la resistencia e impacto ambiental generado por los agroquímicos utilizados para su control; posteriormente la búsqueda se concentró en biocontroladores capaces de atacar a los lepidópteros arrojando como resultado a *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringensis*, se indago en investigaciones científicas sobre la aplicación de estas como microorganismos ayudadores y biocontroladores en diferentes cultivos.

### 3.5.3. Estructuración coherente del documento

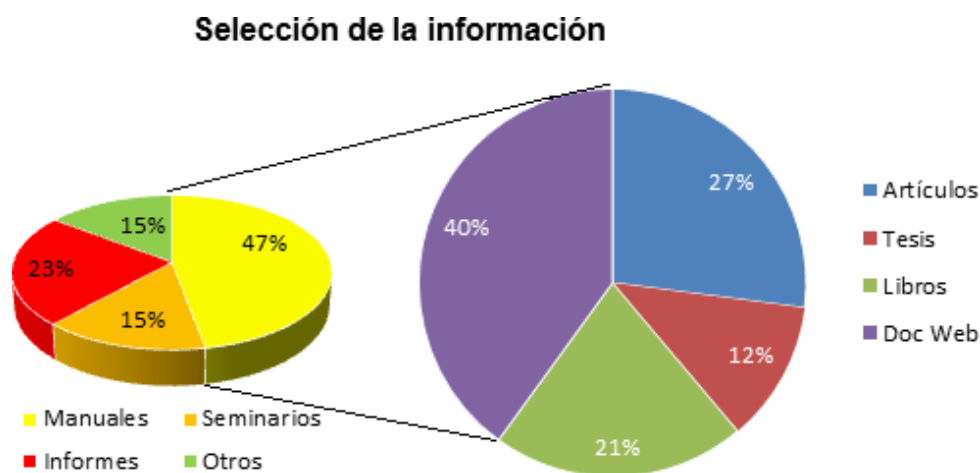
Una vez seleccionados los temas, se procedió a la organización cronológica del documento más antiguo al más nuevo.

## 4. RESULTADOS

### FASE 1. Búsqueda y revisión de la información.

Se revisaron 98 documentos en la base de datos asociadas a FEDEGAN, ELSEVIER, Invertebrate Pathology, ACSESS DL y SciELO.

Se hicieron visitas a las bibliotecas de CORPOICA y Universidad Nacional de Colombia, se realizó una revisión en libros, guías técnicas y/o manuales sobre el manejo de forrajes ganaderos y el uso del control biológico como una alternativa frente a lepidópteros. Se consultó información en la web, en revistas disponibles en páginas de sociedades científicas agronómicas, especialmente en el journal de forrajes tropicales, adicionalmente en revista de fitopatología, entomopatología, entidades y Universidades dedicadas a investigar en el cultivo de forrajes ganaderos tanto a nivel nacional como internacional. Como se muestra a continuación en la figura 9.

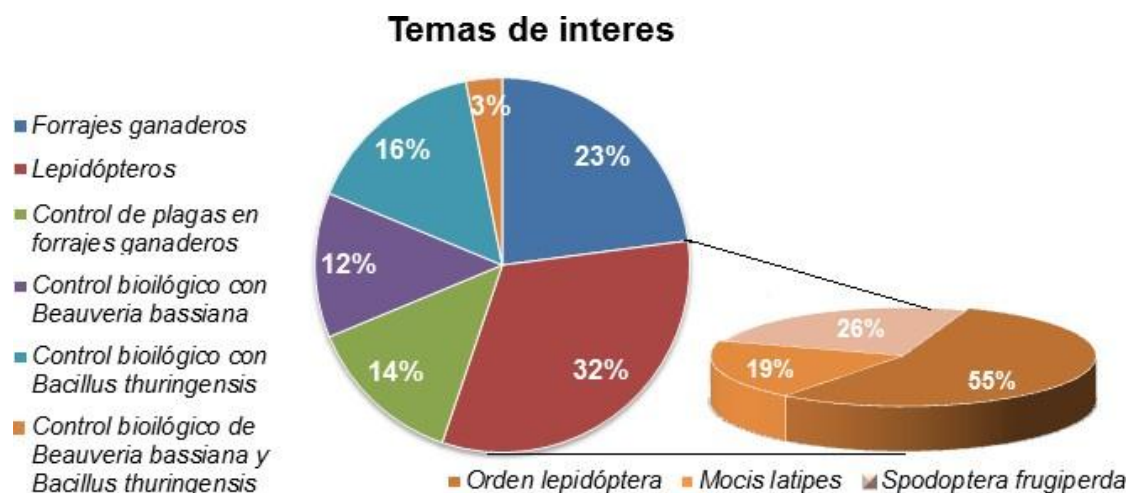


**Figura 9.** Selección de la información para el desarrollo del documento

### Fase 2. Selección del material bibliográfico.

En esta fase, de los documentos consultados se seleccionaron los temas principales, *B. bassiana* y *B. thuringensis* el control biológico y se relacionó con

la problemática de los lepidópteros en forrajes ganaderos que tienen los ganaderos. Se hicieron archivos en computador con la información obtenida para facilitar la lectura y organización del documento. En la figura 10 se denotan los principales temas tratados en la revisión documental.



**Figura 10.** Principales temáticas a tratar en la revisión documental

En la gráfica se relacionan los temas de mayor importancia durante el desarrollo de esta revisión documental, donde se evidencia que las plagas de lepidópteros (32%) en los forrajes ganaderos (23%), tienen gran impacto destacándose principalmente las plagas de *M. latipes* (19%) y *S. frugiperda* (26%); y que el control de estas no se ha estudiado a profundidad (14%), aunque el control biológico con *B. thuringensis* (16%) es más utilizado en comparación con *B. bassiana* (12%), el control biológico mediado simultáneamente con *B. bassiana* y *B. thuringensis* (3%) no se ha estudiado.

### Fase 3. Organización lógica del documento

A continuación se presenta en la tabla 17 el material documental seleccionado, organizado cronológicamente y por temas de interés.

**Tabla 17.** Material documental seleccionado.**TEMA: Forrajes ganadero ;**

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>
Pastos y forrajes de clima medio y cálido.	SENA	1985
Principales pastos de corte en Colombia.	Arguelles Germán Alarcón Enrique	1990
Manejo de plagas en pasturas y cultivos	Zerbino Maria Ribeiro Adela	2000
Propuesta para un manejo integrado de plagas en pasturas tropicales.	Rodrigo Andrés Vergara Raúl.	2003
Caracterización de la información en el sector agropecuario y pesquero	DANE	2005
Renovación de pasturas degradadas de kikuyo, <i>Pennisetum clandestinum</i> , Hoechst, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia.	Ramírez Luis García Indira	2006
Censo Nacional Agropecuario	DANE	2006
Ataque de larvas: un factor de riesgo para la disponibilidad de pastos en fincas ganaderas.	Silva Verónica Artabe Marrero	2008
Nomenclatura de poaceas (Gramíneas)	Caribbean Area	2011
Diagnostico fitosanitario de las especies forrajeras cultivadas en el centro de investigación de Santa lucia, Barrancabermeja, Santander	Ríos Oswaldo.	2011
Producción y manejo de forrajes	Mayorga Francisco Ruiz Mariano Rivera Ignacio <u>Fernández Ernesto</u>	2011
Pastos y especies forrajeras	Cardona Juan	2012
Disponibilidad de variedades de pastos y forrajes como potenciales materiales Lignocelulósicos para la producción de Bioetanol en Colombia.	Cardona Eliana Ríos Luis Peña Juan	2012
Manual de cómo elaborar el heno de buena calidad	Murcia Gilberto.	2013
Las gramíneas en Colombia: Riqueza, Distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares.	Giraldo Diego.	2013
Análisis de la productividad de la ganadería cárnica en Colombia y su participación en el PIB (2003-2013) frente al TLC con EE.UU	Espinosa María	2014
Pastos y forrajes	Chaput Pascal	2015
Pastos y forrajes en el siglo XXI	Cifre Josep March Isaac Eulias Javier <u>Medrano Hipólito</u>	2015
Valor nutritivo de las pasturas	Trujillo Ana Uriarte Gonzalo	2015

Cultivo de pastos. Manual de pastos cultivados	Percy Carlos	2015
Pastos y Forrajes	Mena Martin CIAT	2016
Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad	Mahecha Liliana Gallego Luis A. Peláez Francisco J.	2016

**TEMA: lepidópteros**

TÍTULO	AUTORES	AÑO
The fall army worm, or " Grass Worm , " and Its Control	Walton W.R. Luginbil Philip.	1916
Criacao de adultos e biologia comparada de <i>Mocis latipes</i> (Guenee, 1852) (Lepidoptera, Noctuidae) em folhas de milho e arroz em condicoes de laboratóri	Silva Rogerio	1852
Falso medidor del pasto <i>Mocis latipes</i> Guenne ( <i>Lepidoptera: Noctuidae</i> ), plaga esporádica Carimagua	Calderón Marcos Varela Fernando Quintero Edwin	1981
Investigación latinoamericana sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> ( Lepidoptera : Noctuidae )	Andrews Keith	1988
Morphological differences between adult <i>Anficarsia gemmatalis</i> and <i>Mocis latipes</i> (Lepidoptera: Noctuidae). Fla. Entomol.	Born Greogory Charice Barfield Chapin James	1988
Lepidópteros masticadores de los pastos. Importancia y manejo	Francisco Camilo Yepes Rodrigo	1990
Chemical analysis of the pheromone blends produced by males and females of the neotropical moth, <i>Mocis megas</i> (Guénéé) (Lepidoptera, Noctuidae, Catocalinae)	Descoins C. Malosse C. Renou M. Lalanne Cassou	1990
Aspectos morfológicos y biológicos de la "oruga militar tardía" [ <i>Spodoptera frugiperda</i> [J.E.Smith]] [Lep.:Noctuidae]	Rizzo Horacio Francisco Rubén	1992
Insect pathology	Tanada Y. Kaya K.	1993
Susceptibilidad de <i>Mocis Latipes</i> (Guénéé) ( <i>Lepidoptera: Noctuidae</i> ), al nematodo entomopatógeno <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> Poinar ( <i>Rhabditida: Heterorhabditidae</i> )	Gonzales Martin	1995
Introduction to Insect Biology and Diversity	Howell Daly Doyen Purcell	1998
Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en américa central	Saunders Joseph Coto Daniel King Andrew	1998
Preferencia alimentar e biología de <i>Spodoptera</i>	Botton Marcos	1998

<i>frugiperda</i> (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en arroz e capim-arroz	Carbonari Jairo. García Mauro. Martins José F.	
Filogenia y Evolución de Lepidoptera	García Enrique	1999
Boletín de Epidemiología 2003	ICA	2003
Lepidópteros diurnos Rio Amoyá Tolima	Cortolima CORPOICA SENA	2003
Manejo de las tres principales plagas del Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench), Gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ), Mosquita del Sorgo ( <i>Stenodiplosis sorghicola</i> ), y chinche pata de hoja ( <i>Leptoglossus zonatus</i> ), en época de postrera en la zona de rancherí	Reyes Ernesto	2005
Biología de <i>Peridroma saucia</i> (Lepidoptera: noctuidae: noctuinae) en flores cultivadas del híbrido noctuinae) en flores cultivadas del híbrido comercial de <i>Alstroemeria</i> spp.	Fajardo Olga Serna Francisco	2006
Estimación de incidencia de daños provocados por larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> (Lepidoptera : Crambidae ) en tallos de maíz mediante evaluación de signos externos de infestación	Serra G. Trumper E.	2006
Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia	Amat-García German Andrade Gonzalo Garcia Eduardo	2007
Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del jardín botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué – Colombia)	Ospina Lopez Flórez Reinoso	2009
Clase Insecta, Orden Lepidoptera	García Enrique Romo Helena Sarto Víctor Munguira Miguel Antonio Vives Yela José	2010
Identificación de haplotipos de <i>Spodoptera frugiperda</i> en algunas poblaciones de Colombia para el estudio del comportamiento migratorio de la especie	Salinas Haidy	2010
Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Casmuz Augusto Juárez Laura Socías Guillermina Murúa Gabriela Prieto Silvina Medina Santiago Willink Eduardo Gastamiza Gerardo	2010
Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos.	Giraldo Carolina Reyes Luz Molina Juan	2011
Plagas de importancia económica en México:	Ruíz José Bravo Ernesto	2013

Aspectos de su biología y ecología	Ramírez Gabriela Báez Alma Álvarez Marcelino Ramos José	
Diversidad y estructura de las comunidades de Lepidóptera en la zona del ecotono entre el piedemonte llanero y sabana inundable en Casanare-Colombia (Lepidóptera: Papilionoidea )	Urbano P. Munevar J. Mahecha J. Hincapié E.	2014
Gusano cogollero - CropLife Latin America	Lezaun Jorgelina	2014
Insect pathogens as biological control agents: Back to the future	Lacey LA. Grzywacz D. Shapiro-Ilan DI. Frutos R. Brownbridge M.	2015
Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en américa latina)	FAO	2016
Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States	Steven Arthursa. Surendra K. Dara.	2018

#### TEMA: Control de plagas en forrajes ganaderos

TÍTULO	AUTORES	AÑO
The impact of biotechnology on hyphomycetous fungal insect biocontrol agents	Hegedus Dwayne Khachatourians George	1995
Control Biológico De Las Plagas Del Maíz En México: El Caso Del Gusano Cogollero” <i>Spodoptera Frugiperda</i> ( J . E. Smith ) ( Lepidóptera : Noctuidae )	Castro Ortega Suarez Gómez	1999
Crop losses to pests	Oerke E.	2005
Informe especial plaguicidas agrícolas	Bedmar Francisco	2006
El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo.	Ramón Alexandra Rodas Fabián	2007
Los instrumentos económicos como incentivos a la internalización de costos ambientales en empresas colombianas	Silva Sandra	2009
Crecimiento, esporulación y germinación in vitro de cinco cepas de <i>Metarhizium</i> y su virulencia en huevos y ninfas de <i>Bemisia tabaco</i>	Ruiz Sánchez Gutiérrez Wilberth Pérez Alfonso Basilio Jairo Suárez, José Munguía Ricardo	2010
Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas biopesticidas: an option for the biological pest control	Nava Eusebio García Cipriano Camacho Ricardo Báez Elva Vázquez Lorena Montoya Elva	2012
Uso de la actividad colinesterasa para el	Juan Pérez	2012



diagnóstico de intoxicaciones por insecticidas organofosforados y carbamatos	Martha Olivera María Ruiz David Villar Carlos Giraldo	
Caracterización de las exposiciones a plaguicidas entre los años 2006 y 2013 reportadas al Centro de Información Toxicológica de la Pontificia Universidad Católica de Chile	Gutiérrez Waldo Cerde Patricia Plaza José Mieres Juan Paris Enrique Ríos Juan Carlos	2015
Productos biológicos para el control de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Gonzales María Gurrola Natividad Chaírez Isaías	2015
Una propuesta de sistema de costos para el sector Ganadero	Miriam Carmona Gonzales Durley	2016
Control biológico de cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) y mazorquero ( <i>Heliothis zea</i> ) en el cultivo de maíz amiláceo	Gutiérrez Eloy	2017

**TEMA: *Beauveria bassiana***

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>
<i>Beauveria</i> nouveau genere de Verticilliacées	Vuillemin Paul	1912
Uso de hongos entomopatógenos en el control de plagas.	Cruz Iván	1985
Fungi as natural occurring entomopathogens. En Baker RR, Dunn PE (Eds.) New Directions in Biological Control: Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases. Liss	Carruthers IR. Hural K.	1990
Mecanismos de acción de os Hongos Entomopatógenos	Díaz, Pucheta Macías Flores Navarro Rodríguez	2006
Evaluación de <i>Beauveria Bassiana</i> Vuill y <i>Metarhizium Anisopliae</i> Sorok en el Combate de <i>Imatidium Neivai Bondar</i> en Palma Africana	Bermudea José	2006
Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos	Téllez Alejandro Guadalupe María Ramírez Cruz Flores Yuridia	2007
Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> a partir de insectos silvestres en el estado de Tabasco (Deuteromycotina: hyphomycetes) SOBRE <i>Sitophilus zeamais</i> motschulsky (coleoptera: CURCULIONIDAE) plaga de maíz almacenado	García Manuel Cappello Silvia Leshner Julia Molina René	2008
Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas	Suarez Hernando	2009
	Motta Pablo Murcia Betselene	2011

Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus <i>Beauveria</i>	Rehner Stephen Minnis Andrew Sung Gi-Ho Luangsa Jennifer Devotto Luis Humber Richard	2011
Perfis cognitivos de crianças e adolescentes com dislexia na WISC-III	Cruz Camila Mecca Tatiana Godoy Darlene Ueki Karen Bueno Orlando Amadeu Elizeu	2014
Sub-lethal concentrations of the entomopathogenic fungus, <i>Beauveria bassiana</i> increase fitness costs of <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera: Noctuidae) offspring	Elham Kalvnadi Alinaghi Mirmoayedi Marzieh Alizadeh Hamid-Reza Pourian	2018

**TEMA: *Bacillus thuringiensis***

TÍTULO	AUTORES	AÑO
Worldwide Abundance and Distribution of <i>Bacillus thuringiensis</i> Isolates	Phyllis Martin Russell Travers	1989
Cloning and analysis of delta-endotoxin genes from <i>Bacillus thuringiensis</i>	Choong-Sik Lee Aroson Arthur	1991
Suppression of <i>Bacillus thuringiensis</i> Delta-Endotoxin Activity by Low Alkaline Ph	Gringorten J. Milne R. Fast P. Sohi S. <u>Vanfrankenhuyzen K.</u>	1992
A strain of <i>Bacillus thuringiensis</i> for the control of plant-parasitic nematodes	Zuckerman Bert Dicklow Bess Acosta Nelia	1993
Empleo de <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> para el control de <i>Meloidogyne incognita</i> y <i>Radopholus similis</i> .	Campos Jesus Vasquez Ramon Marina Fernandez Perez Lisset Garcia Melba Pimentel Eulogio Lopez Alina Mencho Juan Zaldua Guerra Garcia Rolando Somontes Danalay Moran Rolando	1996
Effect of <i>Bacillus thuringiensis</i> toxins on membrane potential of lepidopteran insect midgut cells.	Pevronnet, Oliver Vachon, Vicent Laprade, Roland Schwartz, Jean <u>Baines, Danica</u>	1996

	Laprade, Raynald	
Revision of the nomenclature for the <i>Bacillus thuringiensis</i> pesticidal crystal proteins.	Crickmore N. Zeigler D. R. Feitelson J. Schnepf E. Van Rie J. Lereclus D.	1998
efecto de la variedad de maiz sobre el desarrollo y susceptibilidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae) a <i>Bacillus</i>	Soberón Mario Bravo Alejandra	2000
Especies del género <i>Bacillus</i> : morfología macroscópica y microscópica	Realpe María Hernández Carlos Agudelo Claro	2002
Las toxinas Cry de <i>Bacillus thuringiensis</i> : modo de acción y consecuencias de su aplicación	Soberón Mario Bravo Alejandra	2007
Characterization of Cry toxin mode of action. Department Entomol Plant Pathol Univ Tennessee.	Fuentes Jurat	2008
<i>Bacillus thuringiensis</i> : generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas	Sauka Diego	2008
Proteínas Cry de <i>Bacillus thuringiensis</i> y su interacción con coleópteros	López Silvio Cerón Jairo	2010
Actividad biológica de proteínas Cry recombinantes de <i>Bacillus thuringiensis</i> sobre larvas de primer instar de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari	López Silvio	2011
<i>Bacillus</i> spp; perspectiva de su efecto biocontrolados mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos	Layton Cristian Maldonado Edna Monroy Luisa Corrales Lucia Sánchez Ligia.	2011

### **Tema: *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana***

Interação entre <i>Bacillus thuringiensis</i> e outros entomopatógenos no controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	Ricardo Polanczyk Sérgio Alves	2005
Synergistic interaction between <i>Beauveria bassiana</i> and <i>Bacillus thuringiensis tenebrionis</i> based biopesticides applied against Weld populations of Colorado potato beetle larvae	Wraight S. Ramos M.	2005
Effects of <i>Bacillus thuringiensis</i> toxin Cry1Ac and <i>Beauveria bassiana</i> on Asiatic corn borer (Lepidoptera: Crambidae)	Xiao-Mu Ma Xiao-Xia Liu Xia Ning	2008

## 5. DISCUSIÓN

Colombia es un país ganadero, esta actividad según el ministerio de agricultura ha sido durante toda la historia la más importante del sector agropecuario, la actividad ganadera prevalece en 27 de los 32 departamentos de nuestro país, de acuerdo con datos aportados por Espinosa M. y realizando una comparación, el área destinada a la ganadería es nueve veces mayor que el área agrícola; corresponde al 67% del valor de la producción pecuaria y 30% del valor de la producción agropecuaria; representa más del doble de la producción avícola, más de tres veces el valor de la producción del café, más de cinco veces la producción de flores y cerca de seis veces la producción de arroz (103). De forma similar los autores Mahecha *et al*, corroboran lo aportado por Espinosa M., afirmando que el sector bovino constituye la principal fuente de ingresos y economía campesina, mantiene una gran importancia en el desarrollo socioeconómico, promueve el desarrollo social y realiza un aporte importante al producto interno bruto total nacional (PIB) que corresponde más o menos el 5.0%, de los cuales, el 25% corresponden al sector agropecuario y 60% corresponden al pecuario, por lo que genera una cifra representativa de empleabilidad para campesinos de todo el país, especialmente en los departamentos donde predomina esta actividad (104); el DANE ratificó la importancia del sector agropecuario en nuestro país, estableciendo que de 1.730.000 predios dedicados a la actividad agropecuaria, cerca de 849.000, equivalentes al 49%, tienen algún grado de actividad ganadera, concluyendo que esta actividad genera un impacto económico favorable para el sector rural y, en general, para la economía nacional (105); todos los datos mencionados se constatan en el III Censo Nacional Agropecuario realizado por el DANE, considerado el más importante e incluyente en los últimos 45 años de historia estadística de Colombia, que ratificó la distribución del área destinada a el uso agropecuario, que equivale a 43,0 millones de hectáreas, 34.4 millones de estas son destinadas al cultivo de forrajes ganaderos, utilizados para la

ganadería de levante o ceba, estos se debe a que lo forrajes ganaderos constituye la principal fuente de alimento de los rumiantes, además de ser la más económica, sostenible y disponible para los ganaderos (2).

En la explotación de ganado se debe tener en cuenta los requerimientos de los bovinos como lo afirman Miriam C., y Gonzales D., quienes aportan que se deben tener en cuenta factores importantes como, los controles sanitarios, la clase de clima en el que se adapten mejor, según su gasto de energía y el factor más importante a tener en cuenta, la buena alimentación que requieren, puesto que el éxito de la producción ganadera dependen fundamentalmente de la alimentación de los rumiantes (106), por tal razón, diversos autores consideran que el cultivo de los forrajes ganaderos es un componente importante en la empresa ganadera entre los cuales se destaca Percy C., quien reitera que es necesario llevar a cabo un uso agronómico apropiado, puesto que, así se tenga la mejor clase de ganado con la óptima composición genética, si el animal no tiene la alimentación correcta, expresada en cantidad y calidad, nuestra producción ganadera será igualmente deficiente y no estarán constituidos con todos los componentes nutricionales necesarios para su mantenimiento, por lo tanto los resultados serán no satisfactorios (107); A partir de este aporte se puede analizar que no solo se requiere abundancia en forrajes ganaderos sino también que estos sean de buena calidad, expresándose en un alto valor nutritivo.

De acuerdo con Murcia G., los pastos aportan múltiples beneficios porque ayudan a conservar el suelo, salvaguardan y reducen la erosión que se produce cuando la lluvia y los rayos UV impactan directamente sobre él, además de permitir la productividad de la ganadería ya que los animales disponen de un buen alimento asegurándoles un adecuado crecimiento y desarrollo, mejora la producción de carne y leche en los rumiantes, por lo tanto aumentan los ingresos económicos de la comunidad por consiguiente para el país; aunque por mucho tiempo se tuvo la creencia que los forrajes ganaderos no poseían un valor económico, debido a que no había control sobre la

ganadería y esta se basaba principalmente en la invasión de praderas y potreros (5).

Con relación a el éxito de la producción ganadera, se considera que depende fundamentalmente de la alimentación y la nutrición de los rumiantes, sin embargo, de acuerdo con lo expresado por Urbano P. *et al*, quienes afirman, que si la cantidad y calidad de forrajes ganaderos son bajas o malas, nuestra producción ganadera será igualmente deficiente, además que la calidad del forraje ganadero es inherente a su cuidado y correcto manejo, esto se ve truncado principalmente por diversos factores como lo son, los nutrientes disponibles de la tierra, componentes edáficos, climáticos y afectación de plagas. Este último, según Silva V., Artabe M., es un factor que tiene gran impacto ambiental y económico, puesto que los forrajes ganaderos son afectados por diversos insectos que los atacan en diferentes etapas de su desarrollo, durante el periodo de establecimiento de los pastizales son más comunes los ataques de larvas del orden lepidópteros, que son polípagos que generan mayor daño e impacto en los forrajes ganaderos, puesto que defolían rápidamente a la planta dejando solo nervadura central, esto se debe principalmente a su aparato bucal de tipo masticador, y su insaciable apetito (16) (41); estos insectos son altamente dañinos y causantes de enfermedad en los cultivos, puesto que permiten la inoculación directa de patógenos en los forrajes ganaderos, por consiguiente FEDEGAN afirma, *“cuando hay fuertes infestaciones causan grandes pérdidas económicas y bajo rendimiento nutricional en los rumiantes (5)”*; su ataque se caracteriza por aparecer espontáneamente, ser rápido y voraz, pueden llegar a ocasionar pérdidas de hasta 4 t/ha en la producción de biomasa foliar con una densidad poblacional de 300 larvas/m<sup>2</sup> hallándose pérdidas del 25 % de materia verde, cuando la población es de 2 larvas/m<sup>2</sup> y del 75% cuando es de 23 larvas/m<sup>2</sup> según investigaciones realizadas por Gutierrez W., *et al*(6).

En la literatura numerosos autores investigaron acerca de diversas plagas que afectan los cultivos, entre las cuales se destacan cinco según Cardona J., estos

corresponden a lepidópteros noctuidos, originarios de regiones tropicales y subtropicales que afectan directamente a cultivos de gramíneas, *Agrotis ípsilon*, *Azeta melanea*, *Mocis latipes*, *Stegasta bosquella*, *Spodoptera frugiperda* (3), Fajardo OL., y Serna F., reportan dos noctuidos como los más perjudiciales en los forrajes ganaderos, estos son *M. latipes* y *S. frugiperda*, plagas oportunistas que se aprovechan de las malas prácticas ganaderas implementadas en nuestro país (46) como la mala o nula preparación del terreno, o invasión de los mismos, el monocultivo, el pisoteo contaste de los rumiantes por falta de rotación en el pastoreo; estas malas prácticas se deben a que el personal encargado de la actividad ganadera, no cuenta con conocimientos suficientes, ni asesoría técnica y profesional, para el manejo de estos cultivos, Zerbino M. y Ribeiro A., analizaron que estas malas prácticas conllevan a la propagación y supervivencia de estas plagas, puesto que al no implementar las medidas necesarias en los forrajes ganaderos, estos le proporcionan el nicho ecológico perfecto a estas para su desarrollo (7), autores como Francisco C., Yepes R., Rodrigo A., Vergara R., Silva V. y Marrero A., concuerdan con esta afirmación resaltando la falta de conocimiento y personal capacitado para el manejo de estos cultivos y expresaron la necesidad de generar una propuesta de manejo integral para pasturas tropicales (8) (13) (16).

Una de las prácticas más perjudiciales en el manejo de forrajes ganaderos es el uso excesivo e indiscriminado de productos agroquímicos para controlar las plagas de *M. latipes* y *S. frugiperda*, Morillo F., Notz A., resaltan que esta medida no es eficiente, puesto que, las larvas atacan el cultivo en las noches y en la parte inferior de las plantas, para cuando el cultivador se da cuenta del ataque de la plaga, la larva va o está en proceso de empupar y para ese momento los agroquímicos no son efectivos, puesto que el capullo protege a la pupa y esta no permite que el insecto entre en contacto directo con el agroquímico y no pueda ejercer su control, además se evidencia la resistencia adquirida de estas plagas a los agroquímicos (12); aparte de esto, los agroquímicos generan un impacto ambiental negativo directamente en la tierra, puesto que elimina la microfauna eficiente, para la renovación y conservación

de los procesos biológicos naturales de la tierra, e inclusive a microorganismos nativos que podrían controlar estas plagas; en estudios realizados por Juan P., *et al*, vieron comprometida la integridad de la salud en los rumiantes, que se alimentaban con forrajes ganaderos tratados con agroquímicos, los cuales generaban niveles anormales de la actividad de la colinesterasa que es un indicador sérico que se emplea en el diagnóstico de intoxicaciones por insecticidas organofosforados y carbamatos (108); todas estas razones hacen necesaria la implementación de medidas más amigables con el medio ambiente, con el fin de mitigar el impacto generado y recuperar la capacidad biológica de la tierra.

El uso de enemigos naturales para el control de plagas en forraje ganaderos ha evolucionado a lo largo de la historia, Castro O., Suarez G., recopilaron información en la cual se evidenció, que inicialmente se utilizaron trampas con feromonas para atraer y capturar a los adultos, posteriormente se utilizaron parasitoides, pero estos eran difíciles de manejar, debido a la migración que presentaban (62); actualmente se estudia y se emplea el control biológico mediado por microorganismo entomopatógenos (virus, bacterias, hongos, nemátodos), generando el desarrollo de biopesticidas, de acuerdo a Eusebio N., *et al*, estos estimulan la modernización de la agricultura y sin duda, van a reemplazar totalmente la cantidad de agroquímicos utilizados; puesto que estos microorganismos no generan impactos negativos en el medio ambiente y por el contrario ayudan a restablecer la tierra, con la ayuda de fijación de nutrientes y restructuración de microorganismos benéficos; la efectividad de los biocontroladores *B. bassiana* y *B. thuringensis*, tienen una alta incidencia a nivel mundial y se encuentran registrados entre los entomopatógenos más eficaces en el control plagas de insectos importantes en la agricultura (21).

El hongo entomopatólogico *B. bassiana* a pesar de infectar a cerca de 175 artrópodos incluidos la orden lepidóptera, se encontró menor cantidad de información en el desarrollo de este trabajo en comparación con el orden coleóptera; dentro de este contexto, algunos autores difieren entre la acción



efectiva de *B. bassiana* frente a *B. thuringensis*, García M. et al, plantea que *B. bassiana* presenta una ventaja frente al mecanismo de acción, puesto que, no necesita ser ingerido por el insecto para controlarlo, como es el caso de *B. thuringensis* (82), en éste ocurre la infección por contacto y adhesión de las esporas a las partes bucales, membranas intersegmentales o a través de los espiráculos, afectando al insecto en estado larval o adulto; éste hongo es referenciado como biocontrolador de lepidópteros en la literatura como lo planteó Amat G., et al (42).

Mientras que *B. thuringensis* de acuerdo a los autores Realpe M. et al y Layton C. et al, muestra una alta efectividad en comparación a *B. bassiana*, ya que este actúa en dípteros, coleópteros, hemípteros, gusanos y lepidópteros con mayor eficacia, por ello es uno de los entomopatógenos más destacados, que se caracteriza por la producción de cristales paraesporales los cuales están compuestos por proteínas insecticidas denominadas delta-toxinas, así mismo existe una gran variedad de formulaciones comerciales a base de estos cristales, que pueden ser degradados por la acción de los microorganismos del suelo o ser inactivados por la acción de la luz ultravioleta. Los cristales de *B. thuringensis* son ingeridos y luego solubilizados en el intestino medio del insecto, tras lo cual se liberan las proteínas cristalinas en forma de protoxinas, quienes no producen el daño, sino que son procesadas por proteasas intestinales para generar las toxinas activas que llevarían a la muerte de la larva (90) (95). Por ello, partiendo de la información generada por los autores recientemente mencionados, encontramos que ambos microorganismo entomopatógenos tienen una acción efectiva frente a diversos lepidópteros, mediante la utilización de diferentes mecanismos de acción, pero según concuerdan Fuentes J. y Eusebio N. et al, hay más investigaciones acerca de *B. thuringensis* que de *B. bassiana*, y esto se pudo constatar en el desarrollo de esta investigación puesto que para *B. thuringensis* se encontró un total de 15 artículos y para *B. bassiana* 12 artículos, en los que se trataba la temática ya expuesta.

Ya comprobada la actividad efectiva de *B. bassiana* y *B. thuringensis* para el control de lepidópteros, se buscan nuevas alternativas con mayor eficiencia en la mortalidad de las plagas, por tal razón, se hace necesario emplear asociaciones naturales entre dos o más especies que actúen con un fin en común, en este caso, mitigar la acción devastadoras de las plagas y evitar las pérdidas económicas que estas generan al cultivador. Polanczyk R. y Alves S. investigaron a fondo la asociación de *B. thuringensis* con otros microorganismo entomopatógenos en los que se incluyen *B. bassiana*, *N. rileyi*, VPN y *Heterorabditis sp.* para el control de *S. frugiperda*, según los resultados la interacción de *B. bassiana* y *B. thuringensis* presento un efecto antagónico en contraste a *B. thuringensis* y *Heterorabditis sp.* quienes presentaron un efecto positivo (15); por el contrario Wraight S. y Ramos M. en su bioensayo realizado en el laboratorio de plantas, suelo y nutrición de los Estados Unidos afirman que la interacción entre *B. bassiana* y *B. thuringensis* para el control biológico de las larvas del escarabajo de la patata *L. decemlineata*, presentan un efecto sinérgico, siempre y cuando la concentración de conidios de *B. bassiana* sea superior a la concentración de la toxina de *B. thuringensis* (14); por otro lado Xiaoma Mu. *et al* evaluaron las interacciones entre la toxina Cry1AC de *B. thuringensis* y los conidios de *B. bassiana*, en la mortalidad y supervivencia de *O. furnacalis*, en este trabajo la asociación de los microorganismos arrojó como resultado un efecto aditivo (17). Estos estudios se contradicen en cuanto a las interacciones que presenta cada uno, esto puede ser debido a las presentaciones y concentraciones que se emplearon de los microorganismos, además de la afirmación de Kalvnadi E. *et al*, las interacciones entre organismo son bastante complejas y se debe tener en cuenta a la plaga, la planta, las condiciones medio ambientales y el suelo que es un factor importante pero que poco se considera ya que en él es donde se desarrollan los microorganismo y se realizan la mayoría de asociaciones (26).

Finalmente, de acuerdo con los documentos revisados ,se puede concluir que los lepidópteros generan impacto económico y ambiental en los forrajes ganaderos y estos a su vez pérdidas alimentarias en los rumiantes, puesto que

la calidad de los pastos no es la mejor para su nutrición, debido a la intoxicación a las que están expuestos por los agroquímicos que se utilizan, y a la defoliación de las plantas provocada por noctuidos como *M. latipes* y *S. frugiperda*; de allí nace la importancia de utilizar nuevas alternativas para el control de plagas como lo es la implementación de microorganismos con actividad entomopatógena como *B. bassiana* y *B. thuringensis*, que son referenciados como una alternativa eficiente en estas plagas; a pesar de esto faltan estudios específicos que comprueben la acción frente a lepidópteros en forrajes ganaderos en campo. Pese a esta situación la acogida de los agricultores al control biológico es lenta debido al arraigo a las prácticas tradicionales como lo es el control con agroquímicos y a la falta de conocimiento de estos.

## 6. CONCLUSIONES

- El control biológico mediado por *B. bassiana* y *B. thuringensis* está referenciado en diversa bibliografía, pero especialmente para el control de coleópteros y lepidópteros que no afectan los forrajes ganaderos, la falta de estudios de campo hizo que la búsqueda de información no fuera tan efectiva.
- Se evidencio que *B. thuringensis* ha sido estudiado más ampliamente en comparación a *B. bassiana* frente al control de lepidópteros; en cuanto a la interacción de estos microorganismos se deben realizar más estudio en campo para evaluar la efectividad de este consorcio, teniendo en cuenta todos los factores bióticos y abióticos específicos para cada cultivo.
- Se hace evidente la necesidad de implementar y establecer un manejo integrado del cultivo, en el cual se respete las interacciones naturales de la pradera y se disminuyan las malas prácticas, puesto que éstas son determinantes para la obtención de forrajes ganaderos de buena calidad que cumplan con los requerimientos nutricionales necesarios para los rumiantes.
- Los lepidópteros polípagos que atacan con mayor frecuencia los forrajes ganaderos son *M. latipes* y *S. frugiperda*, se caracterizan principalmente por su aparato bucal, con el cual defolian vorazmente las plantas dejando solo la nervadura central, ocasionando pérdidas económicas, e impactos ambientales como la erosión del suelo por la utilización de agroquímicos.
- La importancia del uso de microorganismo biocontroladores en forrajes ganaderos es sustentada por Resolución 074 de abril /2002 emitida por el Ministerio de Agricultura, que tiene como objetivo el desarrollo de una ganadería limpia sin el uso de agroquímicos, esto con el fin de promover

la obtención de productos ecológicos, y entrar a competir en los mercados internacionales, mediante la certificación de leches y carnes limpias, ecológicas, amigables con el medio ambiente y que no generen afectación en la salud humana.

## BIBLIOGRAFIA

1. Silva S. Los instrumentos económicos como incentivos a la internalización de costos ambientales en empresas Colombianas. Universidad de Medellín; 2009.
2. DANE. III Censo Nacional Agropecuario. 2016. 1036 p.
3. Cardona J. Pastos y especies forrajeras. In: Asistegán. 2012. p. 74.
4. Sebastián J, Patiño G. Geopolítica, Recursos Naturales Y Zonas Estratégicas En Colombia. 2015;24.
5. Murcia G. Manual de cómo elaborar un heno de buena calidad. In: Nuevas y mejores alternativas para elaborar forrajes deshidratados como el heno. FEDEGAN. Colombia; 2013. p. 132.
6. Gutiérrez W, Cerda P, Plaza-plaza JC, Mieres JJ, Paris E, Ríos JC. Caracterización de las exposiciones a plaguicidas entre los años 2006 y 2013 reportadas al Centro de Información Toxicológica de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 2015 Aug;1306–13.
7. Zerbino M, Ribeiro A. Manejo de plagas en pasturas y cultivos. Serie Técnica Nº 112. Montevideo - Uruguay; 2000.
8. Francisco C, Yepes R. Lepidopteros masticadores de los pastos. Importancia y manejo. Cuad Divulg en Entomol [Internet]. 1990;(2):25–39. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/56461/>
9. Cruz I. Uso de hongos entomopatogenos en el control de plagas. In: Control microbial. UNAN-OEA. 1985. p. 57–9.
10. Zuckerman B, Dicklow B, Acosta N. A strain of *Bacillus thuringiensis* for the control of plant-parasitic nematodes. *Biocontrol sci technol*. 1993;3(1):41–6.
11. Campos J, Vasquez R, Marina F, Perez L, Garcia M, Pimentel E, et al. Empleo de *degyne incognita* y *Radopholus similis* *Bacillus thuringiensis* var . *kurstaki* para el control de Meloido. 1996;(November 2016).
12. Morillo F, Notz A. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* ( Smith ) (Lepidoptera: Noctuidae ) a *lambda*-cihalotrina y metomil. *Entomotropica*. 2007;16(2):79–87.

13. Rodrigo A, Vergara R. Propuesta para un manejo integrado de plagas en pasturas tropicales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín - Facultad de Agronomía. 2003;1–24.
14. Wraight SP, Ramos ME. Synergistic interaction between *Beauveria bassiana*- and *Bacillus thuringiensis tenebrionis*-based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae. *J Invertebr Pathol*. 2005;90(3):139–50.
15. Polanczyk R, Alves S. Interação entre *Bacillus thuringiensis* e outros entomopatógenos no controle de *Spodoptera frugiperda*. *Manejo Integr Plagas y Agroecol [Internet]*. 2005;74(December):24–33. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Ricardo\\_Polanczyk/publication/228634430\\_Interacao\\_entre\\_Bacillus\\_thuringiensis\\_e\\_outros\\_entomopatogenos\\_no\\_controle\\_de\\_Spodoptera\\_frugiperda/links/54906e7b0cf225bf66a82e77.pdf%0Ahttp://www.researchgate.net/profile/Rica](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Polanczyk/publication/228634430_Interacao_entre_Bacillus_thuringiensis_e_outros_entomopatogenos_no_controle_de_Spodoptera_frugiperda/links/54906e7b0cf225bf66a82e77.pdf%0Ahttp://www.researchgate.net/profile/Rica)
16. Silva V, Artabe M. Ataque de larvas: Un factor de riesgo para la disponibilidad de pasto en fincas ganaderas de la región amazónica ecuatoriana. *Region Amazónica-Ecuador*; 2008. p. 7.
17. Ma XM, Liu XX, Ning X, Zhang B, Han F, Guan XM, et al. Effects of *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1Ac and *Beauveria bassiana* on Asiatic corn borer (*Lepidoptera*: *Crambidae*). *J Invertebr Pathol*. 2008;99(2):123–8.
18. Suarez Gómez H. Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (deuteromycotina: hyphomycetes) sobre *Sitophilus zeamais motschulsky* (*Coleoptera*: *Curculionidae*) plaga de maíz almacenado. *Intrópica*. 2009;4:47–53.
19. Rios O. Diagnóstico fitosanitario de las especies forrajeras cultivadas en el Centro De Investigación Santa Lucía, Barrancabermeja, Santander. *Citecsa [Internet]*. 2011;2(2):40–8. Available from: <http://www.unipaz.edu.co/ojs/index.php/revcitecsa/article/view/12>
20. Motta P, Murcia B. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *J Appl Sci*. 2011;66(2):17–35.
21. Eusebio Nava-Pérez P, García-Gutiérrez C, Ricardo Camacho-Báez Elva

- Lorena Vázquez-Montoya Ra Ximhai J, Ximhai R, Nava-Pérez E, Ricardo Camacho-Báez J, et al. Bioplaguicidas: Una Opción Para El Control Biológico De Plagas Biopesticidas: an Option for the Biological Pest Control. Ra Ximhai. 2012;8(3):17–29.
22. Gonzales M, Gurrola N, Chaírez I. Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Rev Colomb Entomol [Internet]. 2015;41(2):200–4. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v41n2/v41n2a09.pdf>
  23. Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. J Invertebr Pathol [Internet]. 2015;132:1–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>
  24. Gutierrez E. Control biológico de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y mazorquero (*Heliothis zea*) en el cultivo de maíz amiláceo 1. Heliothis M, Cultivo EL, Amiláceo DEM, Zea L, La EN, Maucacalle LDE. Control biológico de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y mazorquero . Universidad tecnológica de losAndes; 2017.
  25. Arthurs S, Dara SK. Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. J Invertebr Pathol [Internet]. 2018;(November 2017):0–1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2018.01.008>
  26. Kalvnadi E, Mirmoayedi A, Alizadeh M, Pourian HR. Sub-lethal concentrations of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* increase fitness costs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) offspring. J Invertebr Pathol [Internet]. 2018;158(August):32–42. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.08.012>
  27. Mayorga F, Ruiz M, Rivera I, Fernandez E. Producción y manejo de forrajes tropicales. Pecuarías,. Brajcich P, Fernandez S, editors. Centro de Investigación Regional Golfo Centro; 2011. 405 p.
  28. Martín G. Pastos y Forrajes. [Internet]. INATEC. Vol. 36, Instituto Nacional Tecnológico. 2016. 137-149 p. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-)



03942013000200001

29. Mena M, CIAT. Pastos y Forrajes [Internet]. PASCAL CHA. Vol. 35 anivers, Pastos Y Forrajes. 2015. 182 p. Available from: <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj91-3A3sHOAhUpL8AKHdnzAjcQFggcMAA&url=http://www.agronomicosalesi.anopaute.edu.ec/des/modulos?download=32:ejq111&usg=AFQjCNEi23fbPBNDm4plfqH-hHNJ4Nj4iw&sig2=94zOWJBnuuGEIa9exaTszw&bv>
30. SENA. Pastos y Forrajes De Clima Medio y Calido. SENA. Cordoba G, Ivan O, editors. 1985. 55 p.
31. Area C. Nomenclatura de Poaceas ( Gramíneas ). Natural resources conservation service. 2011;27.
32. Trujillo AI, Uriarte G. Valor nutritivo de las pasturas. 2015;1:1–19.
33. Arguelles G, Alarcon E. Principales pastos de corte en Colombia. Ica. 1990;49(4):39.
34. Cardona EM, Rios LA, Peña JD. Disponibilidad de variedades de pastos y forrajes como potenciales materiales lignocelulósicos para la producción de bioetanol en Colombia. Inf Tecnol. 2012;23(6):87–96.
35. Bedmar F. Informe especial plaguicidas agrícolas. J Agric Sci [Internet]. 2006;21(doi:10.1017/S0021859605005708.):144, pp 31–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859605005708>
36. Ramón VA, Rodas F. El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. Groen hart vzw [Internet]. 2007;35. Available from: <http://181.65.172.167/siartumbes/public/docs/89.pdf>
37. Garcia E, Romo H, Sarto V, Munguira M, Antonio V, Yela JL. Clase insecta, Orden Lepidoptera. List especies silvestres Canar Hongos, Plantas y Anim Terr [Internet]. 2010;65:302–18. Available from: [http://www.gobcan.es/cmayerot/medioambiente/medionatural/biodiversidad/especies/bancodatos/Lista\\_Especies\\_Silvestres.pdf](http://www.gobcan.es/cmayerot/medioambiente/medionatural/biodiversidad/especies/bancodatos/Lista_Especies_Silvestres.pdf)
38. Cortolima, Corpoica, Sena. Lepidopteros diurnos Rio Amoyá Tolima. 2003;1:304–18. Available from:

[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/pom\\_amoya/diagnostico/k21012.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_amoya/diagnostico/k21012.pdf)

39. Ospina, L., Florez RG. Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del jardín botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué – Colombia). Rev Tumbaga [Internet]. 2009;4:135–48. Available from: [http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Mariposas+diurnas+\(+Lepidoptera+:+Papilionoidea+y+Hesperioidea+\)+del+jard+n+bot+nico+Alejandro+von+Humboldt+de+la+Universidad+del+Tolima+\(+Ibagu?+?+Colombia+\)+Butterflies+\(+Lepidoptera+:+Papil](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Mariposas+diurnas+(+Lepidoptera+:+Papilionoidea+y+Hesperioidea+)+del+jard+n+bot+nico+Alejandro+von+Humboldt+de+la+Universidad+del+Tolima+(+Ibagu?+?+Colombia+)+Butterflies+(+Lepidoptera+:+Papil)
40. García-Barros E. Filogenia y Evolución de Lepidoptera. Boletín la Soc Entomológica Aragon. 1999;26:475–83.
41. Urbano P, Munevar J, Mahecha-J O, Hincapié E. Diversidad y estructura de las comunidades de Lepidoptera en la zona del ecotono entre el piedemonte llanero y sabana inundable en Casanare-Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea ). Shil Rev Lepidopterol. 2014;42(167):433–7.
42. Amat-García G, Andrade G, Garcia E. Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia [Internet]. Corporació. Rodriguez J, Vergara J, Gonzales A, editors. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia; 2007. 216 p. Available from: [http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Mariposas+diurnas+\(+Lepidoptera+:+Papilionoidea+y+Hesperioidea+\)+del+jard+n+bot+nico+Alejandro+von+Humboldt+de+la+Universidad+del+Tolima+\(+Ibagu?+?+Colombia+\)+Butterflies+\(+Lepidoptera+:+Papil](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Mariposas+diurnas+(+Lepidoptera+:+Papilionoidea+y+Hesperioidea+)+del+jard+n+bot+nico+Alejandro+von+Humboldt+de+la+Universidad+del+Tolima+(+Ibagu?+?+Colombia+)+Butterflies+(+Lepidoptera+:+Papil)
43. Serra G, Trumper E. Estimación de incidencia de daños provocados por larvas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) en tallos de maíz mediante evaluación de signos externos de infestación. Agriscientia. 2006;XXIII(1):1–7.
44. Q PJV. El problema ganadero en Colombia. :20–30.
45. Howell D, Doyen J, A. P. Introduction to Insect Biology and Diversity. Oxford; 1998. 674 p.
46. Fajardo OL, Serna FJ. Biología de *Peridroma saucia* (Lepidoptera:

noctuidae: noctuinae) en flores cultivadas del híbrido noctuinae) en flores cultivadas del híbrido comercial de *Alstroemeria* spp. *Rev Nac Agron.* 2006;59(2).

47. Saunders JL, Coto DT, King ABS. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América central. 1998. p. 289.
48. Descoins C, Malosse C, Renou M, Lalanne-Cassou B. Chemical analysis of the pheromone blends produced by males and females of the neotropical moth, *Mocis megas* (Guénéé) (Lepidoptera, Noctuidae, Catocalinae). *Experientia.* 1990;46(5):536–9.
49. Calderon M, Varela F, Quintero E. Falso medidor del pasto *Mocis latipes* Guenné (Lepidoptera:Noctuidae), plaga esporádica Carimagua. *Pastos Trop CIAT.* 1981;4(Colombia N°4):9–15.
50. Ruíz J, Bravo E, Ramírez G, Báez A, Álvarez M, Ramos J, et al. Plagas de importancia económica en México: Aspectos de su biología y ecología. Instituto. A. PES, editor. Vol. 2, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Mexico-Jalisco; 2013. 446 p.
51. Silva RA. Criacao de adultos e biologia comparada de *Mocis latipes* (Guenee, 1852) (Lepidoptera, Noctuidae) em folhas de milho e arroz em condicoes de laboratório. Brazil; 1852.
52. Gonzales M. Susceptibilidad de *Mocis latipes* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae), al nematodo entomopatogeno *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae). Universidad de Colima; 1995.
53. Res E e. Manejo de las tres principales plagas del Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Mosquita del Sorgo (*Stenodiplosis sorghicola*), y chinche patade hoja (*Leptoglossus zonatus*), en época de postera en la zona de rancherías. Universidad Nacional Agraria; 2005.
54. Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, et al. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev la Soc Entomol Argentina.* 2010;69(3–4):209–31.

55. Macció M. Detectan la presencia de gusanos en algunas variedades de caña de azúcar - LA GACETA Tucumán [Internet]. La Gaceta. 2010 [cited 2018 Jul 23]. p. 2. Available from: <https://www.lagaceta.com.ar/nota/366497/rural/detectan-presencia-gusanos-algunas-variedades-cana-azucar.html>
56. B. GBMJBCSCJ. Morphological differences between adult *Anficarsia gemmatalis* and *Mocis latipes* (Lepidoptera: Noctuidae). Fla. Entomol. 1988.
57. Giraldo C, Reyes L, Molina J. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Proyecto G. Manual 2, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Bogotá-Colombia: FEDEGAN; 2011. 2-51 p.
58. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Cruz I. Lagarta militar ou curuquerê dos capinzais, *Mocis latipes* (Guennée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) [Internet]. Panorama Fitossanitário. [cited 2018 Jun 23]. Available from: <http://panorama.cnpms.embrapa.br/insetos-praga/identificacao/pragas-da-parte-aerea-mastigadores/lagarta-militar-ou-curuquere-dos-capinzais-mocis-latipes-guennee-1852-lepidoptera-noctuidae>
59. Frigo F. falso-medidor.jpg (562x421) [Internet]. Cultura Nacional Ganadera. 2017 [cited 2018 Jun 23]. Available from: <https://culturaempresarialganadera.files.wordpress.com/2017/05/falso-medidor.jpg>
60. Wright N. Cooks Pest Control [Internet]. Bugwood org. 2015 [cited 2018 Jun 23]. Available from: <http://54.94.188.1/listapragas/praga.php?id=3559#>
61. Walton WR, Luginbil P. The fall army worm, or “ Grass Worm ,” and Its Control. Farmers´ B. United States Department of Agriculture, editor. Washington, D. C.: Entomological Asaistanls, Cereal and Forage Insect Investigations; 1916.
62. Castro O, Suarez G. Control Biológico De Las Plagas Del Maíz En México: El Caso Del “ Gusano Cogollero ” *Spodoptera Frugiperda* ( J . E

- . Smith ) ( Lepidoptera: Noctuidae ). *Corpocaribe*. 1999;2(2):69–74.
63. Botton M, Carbonari JJ, Garcia MS, Martins JFS. Preferência alimentar e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em arroz e capim-arroz. *An da Soc Entomológica do Bras*. 1998;27(2):207–12.
  64. Andrews K. Investigación latinoamericana sobre *Spodoptera frugiperda* ( Lepidoptera: Noctuidae ). *Florida Entomol* [Internet]. 1988;71(4):24. Available from: <http://www.jstor.org/stable/3495022>
  65. Agriculturers. Descubren nuevo virus para control biológico del gusano cogollero – *Agriculturers.com* | Red de Especialistas en Agricultura [Internet]. *Agriculturers Red de Especialistas en Agricultura*. 2015 [cited 2018 Jun 23]. Available from: <http://agriculturers.com/descubren-nuevo-virus-para-control-biologico-del-gusano-cogollero/>
  66. Lezaun J. Gusano cogollero - *CropLife Latin America* [Internet]. 2014. Available from: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>
  67. Rizzo H, Francisco R, Rossa L. Aspectos morfológicos y biológicos de la “oruga militar tardía” [*Spodoptera frugiperda* [J.E.Smith]] [Lep.:Noctuidae]. *Rev la Fac Agron Univ Buenos Aires*. 1992;3(2):2–4.
  68. Flores-Hueso R. Efecto de la variedad de maíz sobre el desarrollo y susceptibilidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) A *Bacillus thuringiensis* [Internet]. Vol. 1, Mexico. Universidad de Colima; 2000. Available from: [http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Raymundo Flores Hueso MAESTRIA.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Raymundo_Flores_Hueso_MAESTRIA.pdf)
  69. Salinas Hernández H. Identificación de haplotipos de *Spodoptera frugiperda* en algunas poblaciones de Colombia para el estudio del comportamiento migratorio de la especie. Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín; 2010.
  70. FAO. Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en américa latina) [Internet]. 2016. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i7424s.pdf>
  71. Iannone N. Isoca militar o cogollera (*Spodoptera frugiperda*) [Internet].

- Manopdf. 2018 [cited 2018 Jun 23]. p. 3. Available from: [https://nanopdf.com/download/spodopteranbspfrugiperda\\_pdf](https://nanopdf.com/download/spodopteranbspfrugiperda_pdf)
72. Urretabizkaya N, Vasicek A, Saini E. Insectos perjudiciales de importancia gronómica: Lepidópteros. Inst Nac Tecnol Agropecu. 2010;1(1):1–77.
  73. Garcia JM. spodoptera-frugiperda-adulta.jpg (1000x562) [Internet]. De frente al campo. 2018 [cited 2018 Jun 23]. Available from: <https://www.defrentealcampo.com.ar/wp-content/uploads/2018/01/spodoptera-frugiperda-adulta.jpg>
  74. Agrícola ICA-S de P y R. Boletín de Epidemiología 2003 [Internet]. Vol. 1. 2003. p. 32. Available from: [www.produmedios.com](http://www.produmedios.com)
  75. Fischbein D. Introducción a la teoría del control biológico de plagas. Manejo Integr Plagas For. 2012;15:277–84.
  76. Quijano Y. Control de insectos en pasturas y forrajes [Internet]. 2014 [cited 2018 Sep 22]. Available from: <https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=7017>
  77. Rodr DA, Los I. Posibilidades del uso de entomopatogenos en el control biologico de insectos plagas en palma africana. 1977;
  78. Rodríguez A, Guillen C, Uva V, Segura R, Laprade S, Sandoval J. Aspectos a Considerar Sobre El Control Biológico. Corbana. 2010;Hoja divulg:2–3.
  79. Bermudea J. Evaluacion de Beauveria Bassiana Vuill y Metarhizium Anisopliae Sorok en el Combate de Imatidium Neivai Bondar en Palma Africana. INIAP, Archivo Historico. 2006 May;6.
  80. Paul Vuillemin M. *Beauveria* , nouveau genre de Verticilliacées. Bull la Société Bot Fr. 1912;59(1):34–40.
  81. Rehner SA, Minnis AM, Sung G-H, Luangsa-ard JJ, Devotto L, Humber RA. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. Mycologia [Internet]. 2011;103(5):1055–73. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3852/10-302>
  82. García M, Cappello S, Leshner J, Molina R. Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y

- Metarhizium anisopliae a partir de insectos silvestres en el estado de Tabasco. Semana de Divulgación y Video científico 2008 universidad de Mexico. 2008;267.
83. IR Carruthers K hural. Fungi as natural occurring entomopathogens. En Baker RR, Dunn PE (Eds.) New Directions in Biological Control: Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases. Liss. Nueva York-EEUU; 1990. p. 115–38.
  84. Téllez-jurado A, Guadalupe M, Ramírez C, Flores YM. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Rev Mex Micol. 2007;30:80.
  85. Tanada YH, Kaya K. Insect pathology. San Diego, California: Academic Press; 1993.
  86. Khachatourians G. Biochemistry and Molecular Biology of Entomopathogenic Fungi. Hum Anim Relationships [Internet]. 1996;331–63. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-10373-9>
  87. Díaz P, Macías F, Navarro R, Torre D. Mecanismos de acción de os Hongos Entomopatógenos. Interciencia. 2006;31(12):856–60.
  88. Hegedus DD, Khachatourians GG. The impact of biotechnology on hyphomycetous fungal insect biocontrol agents. Biotechnol Adv. 1995;13(3):455–90.
  89. Ruiz-sánchez E, Chan-cupul W, Gutiérrez AP, Basilio JC, Tun-suárez JM, Munguía-rosales R. Crecimiento, esporulación y germinación in vitro de cinco cepas de Metarhizium y su virulencia en huevos y ninfas de Bemisia tabaci. Rev Mex Micol. 2010;33(September):4–7.
  90. Layton C, Maldonado E, Monroy L, Corrales LC, Sánchez LC. Bacillus ssp; perspectiva de su efecto biocontrolados mediante Antibiosis En Cultivos Afectados Por Fitopatógenos. NOVA-Publicación científica en ciencias biomédicas [Internet]. 2011;9:177–87. Available from: [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/NOVA16\\_ARTREVIS1\\_BACILLUS.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA16_ARTREVIS1_BACILLUS.pdf)
  91. Diego Sauka GB. Bacillus thuringiensis : generalidades.Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectoslepidópteros que son plagas

- agrícolas. *Anal Biochem.* 2008;217(2):124–40.
92. Phyllis M, Russell T. Worldwide Abundance and Distribution of *Bacillus thuringiensis* Isolates. *Appl Env Microbiol.* 1989;55(10):2437–42.
  93. Lopez S. Actividad biológica de proteínas Cry recombinantes de *Bacillus thuringiensis* sobre larvas de primer instar de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleóptera: Scolytidae) [Internet]. Universidad nacional de colombia. Bogota; 2011. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3888/>
  94. López S, Cerón J. Proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* y su interacción con coleópteros. *Nova.* 2010;8(14):121–240.
  95. Realpe M, Hernández C, Agudelo C. Especies del género *Bacillus*: morfología macroscópica y microscópica. *Biomédica.* 2002;106–9.
  96. Soberón M, Bravo A. Las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis*: modo de acción y consecuencias de su aplicación. *Biotecnología* [Internet]. 2007;14:303–14. Available from: [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro\\_25\\_aniv/capitulo\\_27.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_27.pdf)
  97. Fuentes J. Characterization of Cry toxin mode of action. Department Entomol Plant Pathol Univ Tennessee. [Internet]. Department Entomol Plant Pathol Univ Tennessee. p. 1. Available from: <http://web.utk.edu/~jrat/Btresearchtable.html>
  98. Gringorten JL, Milne RE, Fast PG, Sohi SS, Vanfrankenhuyzen K. Suppression of *Bacillus-Thuringiensis* Delta-Endotoxin Activity by Low Alkaline Ph. *J Invertebr Pathol.* 1992;60(1):47–52.
  99. Pevronnet O, Vachon V, Laprade R, Schwartz J ea., Baines D, Laprade R. Effect of *bacillus thuringiensis* toxins on membrane potential of lepidopteran insect midgut cells. *FASEB J.* 1996;10(3):1679–84.
  100. Choong-Sik L, Aroson A. Cloning and analysis of delta-endotoxin genes from *Bacillus thuringiensis* subsp. *alesti*. *J Bacteriol.* 1991;173(20):6635–8.
  101. Evans HC. Uso actual y potencial de los hongos entomopatógenos para el control biológico de artrópodos plagas. *Rev Palmas.* 1993;14(1):37–46.
  102. ICA. Productos registrados bioinsumos agosto de 2018. Ica.



2018;Bioinsumos.

103. Espinosa M. Análisis de la productividad de la ganadería cárnica en Colombia y su participación en el PIB (2003-2013) frente al TLC con EE.UU. Escuela de economía y finanzas; 2014.
104. Mahecha L, Gallego LA, Peláez FJ. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Rev Colomb Ciencias Pecu [Internet]. 2016;15(2):213–25. Available from: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/323816/20781002>
105. DANE. Caracterización de la información en el sector agropecuario y pesquero. Bogotá-Colombia; 2005.
106. Miriam C, Gonzales D. Una propuesta de sistema de costos para el sector Ganadero [Internet]. Forrajes tropicales; 2016 p. 1–35. Available from: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/tgcontaduria/article/viewFile/323571/20780728>
107. Percy C. Cultivo de pastos. Manual de pastos cultivados. Buenas practicas ganaderas. 2015.
108. Juan P, Martha O, María R, David V, Carlos G. Uso de la actividad colinesterasa para el diagnóstico de intoxicaciones por insecticidas organofosforados y carbamatos. Rev MVZ Cordoba. 2012;17(2):3053–8.