UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Revisión documental sobre los daños de *Spodoptera frugiperda,* **J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de** *Zea mays* L**.**

AUTOR(ES):

Jiménez Granda Rosa Estefanía

Zhumi Chica Henry Fabricio

DOCENTE - TUTOR:

Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO **Revisión documental sobre los daños de** *Spodoptera frugiperda***,** J.E. Smith **y efecto del control biológico en el rendimiento de** *Zea mays* L.		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	3/5	-redacción -objetivo
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	Objetivo - realizar una revisión documental sobre el nivel de daño que ocasiona *S. frugiperda* en diferentes híbridos de maíz en distintas edades (semanas) y agroecosistemas, además, identificar los principales entomopatógenos, nematodos
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		

Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	x
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	88

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
MARIA ADELA VALDES SAENZ

Dra. María Adela Valdés Sáenz

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SANDRA LUISA

Sandra Luisa Soria Re
CI 1800988212
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 11 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 04 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la señorita estudiante: Jimenez Granda Rosa Estefania, con C.I. 1105256489 con el Tema: "Revisión documental sobre los daños de *Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de Zea mays L.", de la carrera de Ingeniería Agropecuaria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del **9** %, Informe generado con fecha 04 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO BENEDICTO VALLE RAMIREZ

Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Revisión documental sobre los daños de Spodoptera frugiperda, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de Zea mays L..docx (D1426
Submitted	8/4/2022 2:00:00 AM
Submitted by	
Submitter email	amb2017194@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	svalle.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx**
Document Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx (D110619424)
Submitted by: rburgos@uea.edu.ec
Receiver: rburgos.uea@analysis.urkund.com

W URL: https://www.researchgate.net/publication/276454286_El_gusano_cogollero_del_maiz_Spodoptera_frugiperda_JE_Smith_Lepidoptera_Noctuidae_y_algunas_plantas_transgenic
Fetched: 12/18/2019 5:30:45 AM

Entire Document

Revisión documental sobre los daños de Spodoptera frugiperda, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de Zea mays L.
Documentary review on the damage caused by Spodoptera frugiperda, J.E. Smith and effect of biological control on the yield of Zea mays L.
Jiménez Granda Rosa Estefanía1
agp2017111@uea.edu.ec Zhumi Chica Henry Fabricio1 amb2017194@uea.edu.ec Segundo Benedicto Valle Ramírez Ph. D2 svalle@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria (1)
Resumen
El presente trabajo investigativo se realizó en base a una revisión documental sobre los daños de Spodoptera frugiperda, J.E. Smith y el efecto del control biológico en el rendimiento de Zea ma
específicamente en determinar el nivel de ataque en el cultivo de maíz en las diferentes edades (semanas) y agroecosistemas, asimismo identificar los principales entomopatógenos, nematodos
utilizados en el control biológico de este insecto y su efecto en el rendimiento (kg/ha) del cultivo. Por lo expuesto, se procedió a realizar búsqueda de documentos científicos relacionados con
estudio en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid y Red de Repositorio de Acceso Abierto del Ecuador (RRAAE). Según la recopilación
bibliográficas, se obtuvo los siguientes resultados: El maíz híbrido Dekalb 7088, presento el índice de ataque más bajo por S, frugiperda con el 10,00%, en comparación con otros híbridos; para e
este insecto-plaga se ha determinado que la bacteria Bacillus thuringiensis provoca el 100% de mortalidad en comparación con los hongos Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae, sin emb
último presentó el rendimiento (13289,75 kg/ha) más alto. Por otro lado, el nematodo Heterorhabditis spp. también alcanzó el 100% de mortalidad de larvas de S. frugiperda y con el uso de ener
naturales como el parasitoide Telemonus remus que causó un 98,68% de parasitismo en comparación con Trichogramma spp., que produjo 82,90% de parasitismo.
Palabras claves: Control Biológico, Rendimiento agronómico, Spodoptera frugiperda, Tasa de mortalidad, Zea mays.
Abstract
The present investigative work was carried out based on a documentary review of the damage caused by Spodoptera frugiperda, J.E. Smith and the effect of biological control on the yield of Zea
Focused specifically on determining the level of attack in the corn crop at different ages (weeks) and agroecosystems, as well as identifying the main entomopathogens, nematodes and parasito
biological control of this insect and its effect on crop yield (kg/ha). Due to the above, a search was made for scientific documents related to the subject of study in the following databases: Scien
Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid and the Open Access Repository Network of Ecuador (RRAAE). According to the compilation of bibliographical sources, the following result
obtained: The hybrid corn Dekalb 7088, presented the lowest rate of attack by S, frugiperda with 10.00%, compared to other hybrids; for the control of this insect-plague it has been determined
bacterium Bacillus thuringiensis causes 100% mortality compared to the fungi Beauveria bassiana and Metarhizum anisoplae, however, the latter presented the highest yield (13289.75 kg/ha) tall.
hand, the nematode Heterorhabditis spp. It also reached 100% mortality of S. frugiperda larvae and with the use of natural enemies such as the parasitoid Telemonus remus, it reports 98.68% par
compared to Trichogramma spp., which produced 82.90% parasitism. Keywords: Agronomic performance, Biological Control, Mortality rate, Spodoptera frugiperda, Zea mays.
1 INTRODUCCIÓN
El maíz (Zea mays L.) es el cereal que más se cultiva a nivel mundial, debido
a

97% **MATCHING BLOCK 1/12** SA Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx (D110619424)

que posee unas excelentes cualidades energéticas. A nivel mundial se produce alrededor de 5,2 toneladas de maíz por hectárea, siendo Estados Unidos el principal productor y exportador con u
total a nivel mundial. Este cereal principalmente se utiliza para la producción de aceites, para extraer almidón y otras sustancias destinadas a la industria de gran escala. Se trata de un mercado n
a nivel mundial, en el año 2018 el valor de exportación de maíz fue cerca de 33900 millones (Ezeta et al., 2018).

El rendimiento promedio de Ecuador es de 1215192 toneladas por año con un rendimiento promedio

96% **MATCHING BLOCK 5/12** SA Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx (D110619424)

por hectárea de 3,7 toneladas; se encuentra dentro de los principales productos agrícolas junto con el banano, arroz, camarón y cacao. Las provincias con mayor producción de maíz a nivel na
los Ríos con 56%, Guayas 19%, Manabí 10% y Loja 8%. En cuanto a la alimentación humana es el segundo grano más consumido seguido del arroz representando el 8% de la producción agrícola
constituye una de las principales cadenas de producción atribuyendo a la seguridad alimentaria del Ecuador, debido a que es una de las materias primas para la alimentación de aves, porcinos, b
camarón y peces (Josse, 2019). El

rendimiento de este cultivo es afectado por la presencia de diferentes insectos plagas entre ellos

100% **MATCHING BLOCK 8/12** W

se destaca el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda, J.E. Smith);

esta es la plaga nativa más importantes de América y parte de África, es prolífica y produce

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 04 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al señor estudiante: Zhumi Chica Henry Fabricio, con C.I. 1900822022 con el Tema: "Revisión documental sobre los daños de *Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de Zea mays L.", de la carrera de Ingeniería Agropecuaria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del **9** %, Informe generado con fecha 04 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO BENEDICTO VALLE RAMIREZ

Dr. C. Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Revisión documental sobre los daños de Spodoptera frugiperda, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de Zea mays L..docx (D1426
Submitted	8/4/2022 2:00:00 AM
Submitted by	
Submitter email	amb2017194@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	svalle.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx**
Document Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx (D110619424)
Submitted by: rburgos@uea.edu.ec
Receiver: rburgos.uea@analysis.urkund.com

W URL: https://www.researchgate.net/publication/276454286_El_gusano_cogollero_del_maiz_Spodoptera_frugiperda_JE_Smith_Lepidoptera_Noctuidae_y_algunas_plantas_transgenic
Fetched: 12/18/2019 5:30:45 AM

Entire Document

Revisión documental sobre los daños de Spodoptera frugiperda, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de Zea mays L.
Documentary review on the damage caused by Spodoptera frugiperda, J.E. Smith and effect of biological control on the yield of Zea mays L.
Jiménez Granda Rosa Estefanía1
agp2017111@uea.edu.ec Zhumi Chica Henry Fabricio1 amb2017194@uea.edu.ec Segundo Benedicto Valle Ramírez Ph. D2 svalle@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria (1)
Resumen
El presente trabajo investigativo se realizó en base a una revisión documental sobre los daños de Spodoptera frugiperda, J.E. Smith y el efecto del control biológico en el rendimiento de Zea ma
específicamente en determinar el nivel de ataque en el cultivo de maíz en las diferentes edades (semanas) y agroecosistemas, asimismo identificar los principales entomopatógenos, nematodos
utilizados en el control biológico de este insecto y su efecto en el rendimiento (kg/ha) del cultivo. Por lo expuesto, se procedió a realizar búsqueda de documentos científicos relacionados con
estudio en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid y Red de Repositorio de Acceso Abierto del Ecuador (RRAAE). Según la recopilación
bibliográficas, se obtuvo los siguientes resultados: El maíz híbrido Dekalb 7088, presento el índice de ataque más bajo por S, frugiperda con el 10,00%, en comparación con otros híbridos; para e
este insecto-plaga se ha determinado que la bacteria Bacillus thuringiensis provoca el 100% de mortalidad en comparación con los hongos Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae, sin emb
último presentó el rendimiento (13289,75 kg/ha) más alto. Por otro lado, el nematodo Heterorhabditis spp. también alcanzó el 100% de mortalidad de larvas de S. frugiperda y con el uso de ener
naturales como el parasitoide Telemonus remus que causó un 98,68% de parasitismo en comparación con Trichogramma spp., que produjo 82,90% de parasitismo.
Palabras claves: Control Biológico, Rendimiento agronómico, Spodoptera frugiperda, Tasa de mortalidad, Zea mays.
Abstract
The present investigative work was carried out based on a documentary review of the damage caused by Spodoptera frugiperda, J.E. Smith and the effect of biological control on the yield of Zea
Focused specifically on determining the level of attack in the corn crop at different ages (weeks) and agroecosystems, as well as identifying the main entomopathogens, nematodes and parasito
biological control of this insect and its effect on crop yield (kg/ha). Due to the above, a search was made for scientific documents related to the subject of study in the following databases: Scien
Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid and the Open Access Repository Network of Ecuador (RRAAE). According to the compilation of bibliographical sources, the following result
obtained: The hybrid corn Dekalb 7088, presented the lowest rate of attack by S, frugiperda with 10.00%, compared to other hybrids; for the control of this insect-plague it has been determined
bacterium Bacillus thuringiensis causes 100% mortality compared to the fungi Beauveria bassiana and Metarhizum anisoplae, however, the latter presented the highest yield (13289.75 kg/ha) tall.
hand, the nematode Heterorhabditis spp. It also reached 100% mortality of S. frugiperda larvae and with the use of natural enemies such as the parasitoid Telemonus remus, it reports 98.68% par
compared to Trichogramma spp., which produced 82.90% parasitism. Keywords: Agronomic performance, Biological Control, Mortality rate, Spodoptera frugiperda, Zea mays.
1 INTRODUCCIÓN
El maíz (Zea mays L.) es el cereal que más se cultiva a nivel mundial, debido
a

97% **MATCHING BLOCK 1/12** SA Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx (D110619424)

que posee unas excelentes cualidades energéticas. A nivel mundial se produce alrededor de 5,2 toneladas de maíz por hectárea, siendo Estados Unidos el principal productor y exportador con u
total a nivel mundial. Este cereal principalmente se utiliza para la producción de aceites, para extraer almidón y otras sustancias destinadas a la industria de gran escala. Se trata de un mercado n
a nivel mundial, en el año 2018 el valor de exportación de maíz fue cerca de 33900 millones (Ezeta et al., 2018).

El rendimiento promedio de Ecuador es de 1215192 toneladas por año con un rendimiento promedio

96% **MATCHING BLOCK 5/12** SA Zhumi_Chica_Henry_M_U.docx (D110619424)

por hectárea de 3,7 toneladas; se encuentra dentro de los principales productos agrícolas junto con el banano, arroz, camarón y cacao. Las provincias con mayor producción de maíz a nivel na
los Ríos con 56%, Guayas 19%, Manabí 10% y Loja 8%. En cuanto a la alimentación humana es el segundo grano más consumido seguido del arroz representando el 8% de la producción agrícola
constituye una de las principales cadenas de producción atribuyendo a la seguridad alimentaria del Ecuador, debido a que es una de las materias primas para la alimentación de aves, porcinos, b
camarón y peces (Josse, 2019). El

rendimiento de este cultivo es afectado por la presencia de diferentes insectos plagas entre ellos

100% **MATCHING BLOCK 8/12** W

se destaca el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda, J.E. Smith);

esta es la plaga nativa más importantes de América y parte de África, es prolífica y produce

Revisión documental sobre los daños de *Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith y efecto del control biológico en el rendimiento de *Zea mays* L.

Documentary review on the damage caused by *Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith and effect of biological control on the yield of *Zea mays* L.

Jiménez Granda Rosa Estefanía[1]
agp2017111@uea.edu.ec
Zhumi Chica Henry Fabricio[1]
amb2017194@uea.edu.ec
Segundo Benedicto Valle Ramírez Ph. D[2]
svalle@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Resumen

El presente trabajo investigativo se realizó en base a una revisión documental sobre los daños de *Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith y el efecto del control biológico en el rendimiento de *Zea mays* L. Enfocado específicamente en determinar el nivel de ataque en el cultivo de maíz en las diferentes edades (semanas) y agroecosistemas, asimismo identificar los principales entomopatógenos, nematodos y parasitoides utilizados en el control biológico de este insecto y su efecto en el rendimiento (kg/ha) del cultivo. Por lo expuesto, se procedió a realizar búsqueda de documentos científicos relacionados con el tema de estudio en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid y Red de Repositorio de Acceso Abierto del Ecuador (RRAAE). Según la recopilación de fuentes bibliográficas, se obtuvo los siguientes resultados: El maíz híbrido Dekalb 7088, presento el índice de ataque más bajo por *S, frugiperda* con el 10,00%, en comparación con otros híbridos; para el control de este insecto-plaga se ha determinado que la bacteria *Bacillus thuringiensis* provoca el 100% de mortalidad en comparación con los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, sin embargo, este último presentó el rendimiento (13289,75 kg/ha) más alto. Por otro lado, el nematodo *Heterorhabditis* spp. también alcanzó el 100% de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* y con el uso de enemigos naturales como el parasitoide *Telemonus remus* que causó un 98,68% de parasitismo en comparación con *Trichogramma* spp., que produjo 82,90% de parasitismo.

Palabras claves: Control Biológico, Rendimiento agronómico, *Spodoptera frugiperda*, Tasa de mortalidad, *Zea mays*.

Abstract

The present investigative work was carried out based on a documentary review of the damage caused by *Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith and the effect of biological control on the yield of *Zea mays* L. Focused specifically on determining the level of attack in the corn crop at different ages (weeks) and agroecosystems, as well as identifying the main entomopathogens, nematodes and parasitoids used in the biological control of this insect and its effect on crop yield (kg/ha). Due to the above, a search was made for scientific documents related to the subject of study in the following databases: ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid and the Open Access Repository Network of Ecuador (RRAAE). According to the compilation of bibliographical sources, the following results were obtained: The hybrid corn Dekalb 7088, presented the lowest rate of attack by S, frugiperda with 10.00%, compared to other hybrids; for the control of this insect-plague it has been determined that the bacterium *Bacillus thuringiensis* causes 100% mortality compared to the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizum anisoplae*, however, the latter presented the highest yield (13289.75 kg/ha) tall. On the other hand, the nematode *Heterorhabditis* spp. It also reached 100% mortality of *S. frugiperda* larvae and with the use of natural enemies such as the parasitoid *Telemonus remus*, it reports 98.68% parasitism compared to *Trichogramma* spp., which produced 82.90% parasitism.

Keywords*:* Agronomic performance, Biological Control, Mortality rate, *Spodoptera frugiperda*, *Zea mays*.

1 INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal que más se cultiva a nivel mundial, debido a que posee unas excelentes cualidades energéticas. A nivel mundial se produce alrededor de 5,2 toneladas de maíz por hectárea, siendo Estados Unidos el principal productor y exportador con un 53% del total a nivel mundial. Este cereal principalmente se utiliza para la producción de aceites, para extraer almidón y otras sustancias destinadas a la industria de gran escala. Se trata de un mercado muy extenso a nivel mundial, en el año 2018 el valor de exportación de maíz fue cerca de 33900 millones (Ezeta et al., 2018).

El rendimiento promedio de Ecuador es de 1215192 toneladas por año con un rendimiento promedio por hectárea de 3,7 toneladas; se encuentra dentro de los principales productos agrícolas junto con el banano, arroz, camarón y cacao. Las provincias con mayor producción de maíz a nivel nacional son los Ríos con 56%, Guayas 19%, Manabí 10% y Loja 8%. En cuanto a la alimentación humana es el segundo grano más consumido seguido del arroz representando el 8% de la producción agrícola, el cual constituye una de las principales cadenas de producción atribuyendo a la seguridad alimentaria del Ecuador, debido a que es una de las materias primas para la alimentación de aves, porcinos, bovinos, camarón y peces (Josse, 2019).

El rendimiento de este cultivo es afectado por la presencia de diferentes insectos plagas entre ellos se destaca el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith); esta plaga es una de la más importantes de América y parte de África, es prolífica y produce más de 1000 huevos durante su ciclo de vida, el cual es un factor para colonizar y causar grandes daños en su estado larval en más de 353 plantas pertenecientes a 76 familias registradas en América, principalmente a más de 106 poaceas, 31 fabáceas y 312 asteraceae. Entre las poáceas se encuentra el maíz, sorgo, arroz, caña de azúcar, pastos y forrajes (Tsai et al., 2020). El gusano cogollero es migratorio en su estado adulto, ya sea de forma natural o por actividades antropogénicas en dependencia de las condiciones ambientales que se encuentre (Montezano et al., 2018).

A pesar de ser un insecto de mucha importancia para el cultivo de maíz, no existe un documento donde se encuentre reflejado los niveles de daños ocasionados por este insecto y la eficacia de la aplicación del control biológico. Por lo expuesto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión documental sobre el nivel de daño que ocasiona *S. frugiperda* en diferentes híbridos de maíz en distintas edades (semanas) y agroecosistemas, además, identificar los principales entomopatógenos, nematodos y parasitoides utilizados en el control biológico de este insecto y su efecto en el rendimiento (kg/ha) del cultivo.

2 METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo no experimental, por lo cual los resultados obtenidos provienen de estudios ya realizados en base a investigaciones experimentales, para la obtención de dichos estudios se consideró diferentes artículos.

Métodos de Investigación

El método de investigación fue exploratorio mediante revisión bibliográfica, la información obtenida fue clasificada de acuerdo con las fuentes y bases de datos de donde fue recolectada, siendo prioridad artículos de investigaciones experimentales y tesis que contenían información relevante y de acuerdo con el tema establecido, se consideró también que las publicaciones de dicha información sean de los últimos veinte años, esto con el fin de obtener mayor número de documentos científicos relacionados con el tema de estudio, además se realizó la caracterización de la información por número de publicaciones por años y países.

Elección de las fuentes de información

Se realizó la búsqueda de documentos científicos relacionados con el tema de estudio en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar, Researchgate, Rebid y Red de Repositorio de Acceso Abierto del Ecuador (RRAAE).

La búsqueda consistió en emplear palabras clave y previamente definido el rango de años de publicación. Los descriptores utilizados tanto en español como en inglés fueron: Gusano cogollero en Ecuador, Manejo Integral Biológico y sus derivaciones, gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, Principales entomopatógenos, nematodos y parasitoides empleados en el control *de S. frugiperda*. Viabilidad del control alternativo de *S. frugiperda*, Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero. Incidencia de *S. frugiperda* en *Z. mays*, Comprehensive Biological Management and its derivations, Armyworm *Spodoptera frugiperda*, Effect of the application of *Bacillus thuringiensis in* the control of the armyworm, Main entomopathogens, nematodes and parasitoids used in the control of *S. frugiperda*, *Beauveria bassiana* as controlling agent of *S. frugiperda, S. frugiperda* and its effects on corn cultivation.

Los criterios considerados para la selección de artículos fueron: nivel de daño ocasionado por el insecto, nombre del agente biorregulador, concentraciones, dosis, edad del cultivo, porcentaje de eficacia en el control de *S. frugiperda*, tiempo de actuación del controlador biológico, rendimientos obtenidos con la aplicación de los biocontroladores (bacterias, hongos y nematodos entomopatógenos). Se realizo búsquedas de documentación científica con mayor énfasis a nivel de Ecuador.

Con la información recopilada se dio cumplimiento al objetivo planteado, es decir, se comparó entre los documentos seleccionado el nivel de daños ocasionados por *S. frugiperda* en diferentes híbridos de maíz en distintas edades (semanas) y agroecosistemas (semanas); se describió los principales entomopatógenos, nematodos y parasitoides en el control de *S. frugiperda* y se analizó el rendimiento (kg/ha) más eficiente al aplicar los biocontroladores, también se descartó bioensayos realizados en condiciones de laboratorio y para el caso de bacterias y hongos entomopatógenos se descartaron aquellos documentos que tenían como resultado de efectividad por debajo del 50%, se consideró el mayor número de documentos realizados a nivel de Ecuador con el objetivo de conocer el uso de diferentes biocontroladores en el cultivo de maíz.

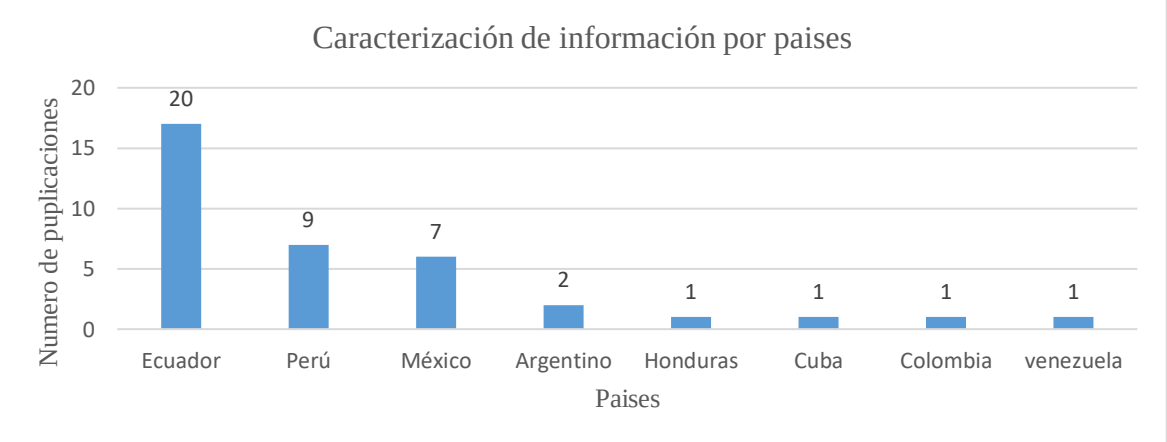
Finalmente, los resultados obtenidos se ordenaron de la siguiente manera: en la tabla 1 se evidencia el porcentaje de daños ocasionados por *S. frugiperda* en diferentes híbridos de maíz en diversos agroecosistemas y de manera ascendente por la edad del cultivo (semanas). En la tabla 2, se sintetizaron los resultados reportados con la aplicación de biocontroladores microbianos (*Bacillus thuringiensis, Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) y de acuerdo al número de días de acción, datos que se encuentran de manera descendente. Por otro lado, en la tabla 3 se organiza la información por especie de nematodo (*Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae*) y de manera descendente por el % de efectividad y ascendente por los días de actuación después de la liberación del nematodo. Y en la tabla 4 se detallaron los parasitoides según la especie (*Tricogramma pretioum* y *Telenomus remus*), por edad del cultivo y efectividad de control de manera descendente.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la información obtenida por años y países.

En la caracterización de la información por países, para los resultados de la presente investigación, se utilizaron 42 publicaciones, de las cuales la mayoría pertenecen a Ecuador (20), Perú (9) y México (8) respectivamente (figura 1).

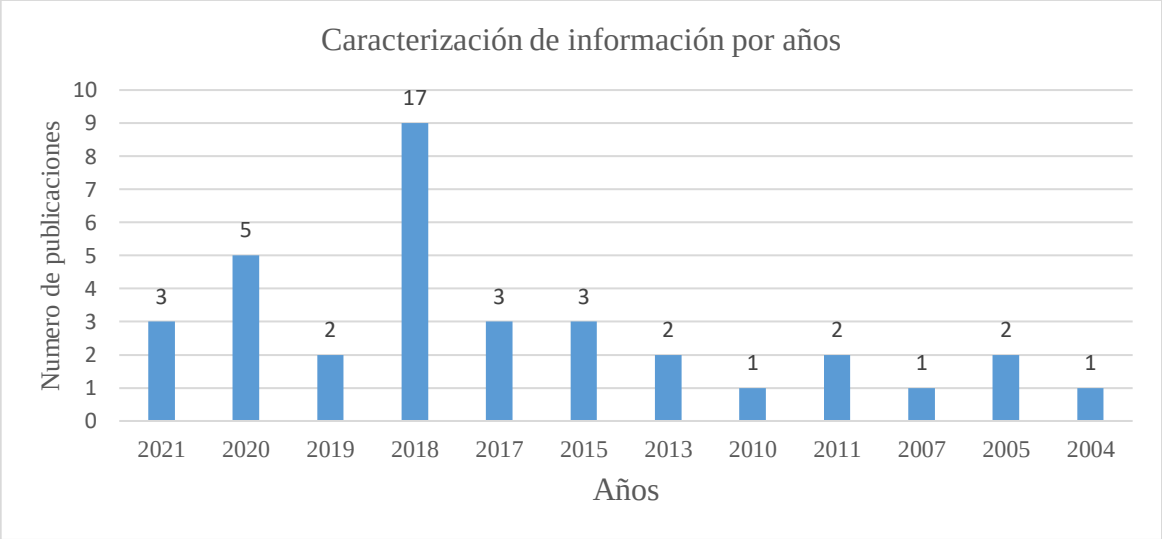
Figura 1. Número de publicaciones reportadas por países.



La presente investigación se realizó en su mayoría con base en información de artículos publicados a nivel de Ecuador (20). Por lo expuesto, Vergara (2016) menciona que en la actualidad *S. frugiperda* causa severos daños significativos en cuanto a rendimiento (kg/ha) especialmente en el cultivo de maíz, este cultivo es de gran importancia económica, produciendo grandes cantidades especialmente en climas tropicales y subtropicales de Ecuador, el 70 % es producido para la alimentación de animales como la elaboración de balanceados, el 20% para exportación y el 10% restantes para el consumo humano como también para semillas de las próximas siembras y por el excesivo uso de insecticidas químicos con el pasar de los años ha provocado deterioro del suelo como pérdidas de nutrientes, propiedades físicas, químicas y biológicas y la resistencia del insecto plaga por tal motivo se priorizó recopilar información que permita contribuir con alternativas que sean ambiental y económicamente viables. Por otro lado, se observa también información relevante de Perú y México con 9 y 7 publicaciones respectivamente.

En la caracterización de la información por años, se obtuvo mayor número de documentos relacionaos con la temática de estudios en el año 2018 con 17 publicaciones, seguido del año 2020 con 5 publicaciones, mientras que, en los años desde el 2004 hasta el 2013 se obtuvo publicaciones por debajo de 3 documentos por año, como se observa en la figura 2.

Figura 2. Número de publicaciones reportadas por años.



A partir del año 2004 hasta el 2013 existen deficiencia de información acerca de los biocontroladores para *S. frugiperda*, esto debido a que los agricultores comúnmente para contrarrestar esta plaga realizaban aplicaciones de insecticidas químicos desconociendo los daños ambientales, salubridad y resistencia del insecto a los productos químicos aplicados (Vergara, 2016). Mientras que, en el año 2018 existen 17 publicaciones basadas en el uso y aplicación de biorreguladores microbianos (*Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) nematodos (*Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema*

carpocapsae) y parasitoides (*Tricogramma pretioum* y *Telenomus remus*) en el control de *S. frugiperda*, insecto que además de atacar el cultivo de maíz ha afectado económicamente a pequeños y medianos agricultores.

Nivel de daño ocasionado por *S. frugiperda* en diferentes edades de *Z. mays* L, en diversos agroecosistemas.

En la tabla 1, se observa los daños ocasionados por *S. frugiperda* a partir de la tercera hasta la octava semana después de la siembra del cultivo, siendo el híbrido doble trueno quien presento mayor ataque del insecto plaga en las semanas 6-8 con un 22,13% de daños en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, mientras que el híbrido Dekalb 7088, presento el índice de ataque más bajo con el 10% en San Miguel Colombia, en comparación con otras localidades.

Tabla 1. Porcentaje de daños ocasionados por *S. frugiperda* en diferentes híbridos, edades y localidades de estudio.

Lugar del estudio	Híbrido	Edad del cultivo (semanas)	Daños ocasionados (%)	Autores
San Miguel-Colombia	Dekalb 7088	3	10,00	(Casanova, 2020)
Babahoyo-Ecuador	Promisorio	4	10,85	(Vargas, 2018)
Noreste argentino	Herculex® (HX1)	6	12,00	(Murúa et al., 2013)
Loja-Ecuador	Dekalb 7088	6	12,60	(Molina, 2010)
Quevedo-Ecuador	Iniap H-551	7	17,50	(Guamán et al., 2020)
Manabí-Ecuador	Híbrido doble (trueno)	6-8	22,13	(Campuzano, 2018)
Córdoba- Argentina	Power core	8	17,50	(Balbi et al., 2015)

Según Casanova (2020), el maíz amarillo duro híbrido Dekalb 7088, reporta el ataque más bajo por *S. frugiperda* en la semana 3 con un 10,00%, mientras que el híbrido doble trueno en el cantón Jipijapa de la provincia de Manabí, el cual tiene una temperatura promedio de 25,7 ^{o}C con precipitaciones promedio de 537 mm, presenta mayores daños (22,13%) ocasionados por *Spodoptera* en la semana (6-8), debido a que las condiciones de dicha localidad son favorables, por lo expuesto, Early et al. (2018), *S. frugiperda* tiene mayor tasa de fecundidad, supervivencia y longevidad en una temperatura promedio de 25 ^{o}C, también menciona que la precipitación y humedad relativa influye sobre la población del insecto-plaga, siendo este último el que resalta más en la incidencia especialmente en las temporadas de lluvias en lugares secos; de igual manera informan que existe una correlación positiva entre parámetros climáticos, incidencia y severidad en *Z. mays* en la región costa.

Entomopatógenos de mayor eficacia en el control biológico de *S. frugiperda.*

Según el análisis, se puede apreciar (tabla 2) que la efectividad de biocontroladores varía de acuerdo al tipo de microorganismo, concentración, dosis aplicada por litro de agua y por tiempo de acción. Al respecto, con la bacteria *Bacillus thuringiensis* Ortiz et al. (2017) al utilizar una dosis de 500 mL/L (concentración 3,2 x10^4esporas/mg) obtuvieron 100,00% de mortalidad a los 4 días después de la aplicación (DDA) y con un rendimiento de 6126,10 kg/ha, es decir 2294,90kg más que el testigo (3831,20kg/ha).

Entre otros entomopatógenos que se reportan con alta eficacia son los hongos *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*. En este sentido, Garcia et al. (2011) al utilizar el hongo *B. bassiana* a una concentración de 1x10^9conidios/g, aplicado en dosis de 15mL/L en el control de *S. frugiperda*, obtuvo una mortalidad de larvas de 96,60% a los 4 dda, realizado en condiciones de campo con clima trópico húmedo con temperatura media anual de 24,4 ^oC.

Por otro lado, al aplicar el hongo entomopatógeno *M. anisopliae*, Lezama et al. (2005) al utilizar dosis de 6mL/L con concentración de 1 x 10^{12} conidios/L sobre larvas de *S. frugiperda* obtuvieron una mortalidad del 94,20% a los 21 dda.

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda*, efectividad de control y rendimiento/ha con la aplicación de diferentes bacterias y hongos entomopatógenos.

Bacteria/hongo	Dosis	Efectividad de control		Rendimiento kg/ha		Autores
		(%)	DDA	Biocontrolador	Testigo	
Bacillus thuringiensis	20mL/L (1,6x10^4esporas/mg)	65,11	28	1236,92	-	(Gutiérrez, 2017)
Bacillus thuringiensis	5mL/L (3,2x10^4esporas/mg)	100,00	14	13256,60	6062,22	(Ezeta et al., 2018)
Bacillus thuringiensis	10mL/L (3,2x10^4esporas/mg)	83,00	7	201,50	153,95	(Carbajal, 2019)
Bacillus thuringiensis	1000mL/L (3,2x104esporas/mg)	100,00	4	5548,00	5008,60	(Girano, 2004)
Bacillus thuringiensis	500mL/L (3,2x104esporas/mg)	100,00	4	6126,10	3831,20	(Ortiz et al., 2017)
Bacillus thuringiensis	1500 mL/L (3,2x104esporas/mg)	84,50	4	4836,38	4240,00	(Drouet, 2018)

Bacillus thuringiensis	250mL/L (1,6x104esporas/mg)	70,66	3	-	-	(Ortiz et al., 2018)
Bacillus thuringiensis	25mL/L (1,6x104esporas/mg)	63,33	3	-	-	(Cajan, 2018)
Bacillus thuringiensis	2,5mL/L (1,6x104esporas/mg)	55,00	3	7013,90	4861,10	(Velásquez, 2015)
Bacillus thuringiensis	7,5mL/L ($1,6x10^4$esporas/mg)	67,60	2	4546,87	3593,75	(Ávila, 2021)
Beauveria bassiana	25 mL/L (1x109conidios/g)	91,50	18	4679,5	3030,75	(Guevara, 2020)
Beauveria bassiana	2g/L ($1x10^9$conidios/g)	88,00	15	-	-	(Ortiz et al., 2018)
Beauveria bassiana	15 mL/L ($1x10^9$conidios/g)	96,60	4	-	-	(García et al., 2011)
Beauveria bassiana	8mL/L ($5x10^7$conidios/g)	68,50	4	5902,80	4861,10	(Velásquez, 2015)
Metarhizium anisopliae	6mL/L ($1x10^{12}$ conidios/ha)	94,20	21	-	-	(Lezama et al., 2005)
Metarhizium anisopliae	3mL/L ($7x10^{10}$ conidios/ha)	88,91	14	13289,75	6062,22	(Ezeta et al., 2018)

DDA (días después de la aplicación).

La efectividad obtenida por Ortiz et al. (2017), de100,00% de mortalidad a los 4 días después de la aplicación (dda), con una concentración de $3,2x10^4$esporas/mg pudo estar relacionado con las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la bacteria, al respecto Rutte et al. (2020) menciona que la temperatura óptima para *B. thuringiensis* oscila entre 10° y 45°C, por otro lado, Velásquez (2015) obtuvo el valor más bajo en cuanto a mortalidad (55,00%) a los 3 dda, pero con dosis de 2,5mL/L (concentración 1,6x104esporas/mg) y obtuvo un rendimiento de 7013,90hg/ha es decir 2152,80kg más que el testigo absoluto (4861,10kg/ha) este último resultado puede estar relacionado con la baja concentración utilizada en comparación al estudio anterior.

Esta bacteria entomopatógena tiene un gran potencial de control de insectos plaga especialmente en instares larvales, considerando lo mencionado por Portela et al. (2013) que es muy importante aplicar este entomopatógeno en larvas de primer o segundo instar ya que son los estadios más susceptibles del insecto y presenta una mayor eficacia de control.

En otro estudio con el hongo *B. bassiana* Garcia et al. (2011) obtuvieron el valor más alto en el control de *S. frugiperda*, con una mortalidad de larvas de 96,60% a los 4dda, de igual manera Velásquez (2015) nuevamente reporta la mortalidad más baja (68,50%) pero con concentraciones inferiores ($5x10^7$conidios/g). La baja eficacia de este último estudio puede estar relacionado con la baja concentración utilizada y con el momento de la aplicación del hongo, en este sentido Arias et al. (2014), mencionan que las aplicaciones de *B. bassiana* no debe hacerse en los primeros estadios de la plaga, siendo difícil de encontrar insectos muertos debido al tamaño pequeño de las larvas, también puede estar relacionado con la temperatura de la localidad considerando que dicho experimento fue llevado a cabo en un clima semicálido lluvioso con una temperatura media máxima de 24,5°, al respecto, Torres et al. (2016) manifiestan que para que dicho hongo presente alta eficacia y crecimiento óptimo debe encontrarse en un rango de temperatura de 25 a 30 °C.

Por otro lado, al aplicar *M. anisopliae*, Lezama et al. (2005) registraron una mortalidad del 94,20% a los 21 dda y Ezeta et al. (2018) 88,91% de mortalidad a los 14 dda, pero a una menor concentración (7×10^{10} conidios/L). La alta eficacia obtenida por Lezama et al. (2005) puede estar asociada con la concentración utilizada, en este sentido como menciona Roy et al. (2006) que a mayor concentración mayor será la eficacia de control, de igual manera señala que este hongo en comparación a *B. bassiana*, requiere de mayor tiempo para alcanzar altas mortalidades de *S. frugiperda.*

Se puede decir que, comparando estos resultados y en base a los estudios realizados por diversos autores la bacteria *B. thuringiensis* es considerada el entomopatógeno de mayor eficacia en el control de *S. frugiperda*, ya que en diferentes dosis y condiciones obtuvo altos porcentajes de mortalidad y basándonos en el instructivo de aprobación de eficacia de Agrocalidad (2020), para que un entomopatógeno sea considerado efectivo debe alcanzar o ser mayor al 70% de eficacia en condiciones de campo. Este parámetro en la tabla 3, lo cumple en la mayor parte *B. thuringiensis* con 6 estudios, seguido de *B. bassiana* (3) y 2 para *M. anisopliae.*

Sin embargo, se debe tomar en cuenta varias recomendaciones y factores para la aplicación de entomopatógenos, mismos que inciden notoriamente en el porcentaje de efectividad. Para bacterias, Portela et al. (2013) menciona algunos factores que afectan la actividad larvicida de *B. thuringiensis*, como la incidencia de la luz UV, temperatura, el tipo de cepas si son nativas o introducidas, tipo de microorganismos que pudieran estar presentes en el suelo, momento de aplicación (mañana antes de 10:00 o tarde después de las 16:00 horas) y el modo de acción (ingestión). En el caso de hongos, según Gómez et al. (2014) se tener presente las condiciones climáticas, momento de la aplicación, (tarde) modo de acción (por contacto) y utilizar adecuados equipos de aspersión.

Nematodos entomopatógenos de mayor eficacia en el control biológico de Spodoptera frugiperda.

En la tabla 3, se puede observar resultados obtenidos con el uso de diferentes nematodos para el control de *S. frugiperda*. En el estudio de Ruiz (2005) al utilizar el nematodo *Heterorhabditis* en concentración de 100 nematodos/ larva obtuvo 100% de mortalidad desde el segundo estadio larval.

Por otro lado, Saltos (2017) al utilizar *Heterorhabditis bacteriophora* con dosis de 400 millones de nematodos/ha obtuvo 95% de mortalidad en el 5 instar larval a los 3 días después de la liberación (ddl) y en el mismo tiempo de evaluación Sánchez et al. (2019) obtuvo un 84,44 % de efectividad, pero con una dosis de 750 nematodos/larva, mientras que Saltos (2011) con dosis de 110,000000 nematodos/ha, obtuvo el valor de mortalidad más bajo con el 50% de efectividad.

En otros estudios, con el nematodo *Steinernema carpocapsae*, Saltos en el 2017, con dosis de 400 millones de nematodos/ha obtuvo resultados desde el primer instar larval alcanzando mayor mortalidad en el 5 estadio larval con el 95% de mortalidad, mientras que Vargas (2021) con 250 millones nematodos/m², registró un 92% de larvas de *S. frugiperda* en el 4 instar larval a los 3 ddl.

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* en diferentes estadios larvales, efectividad de control y rendimiento/ha con la utilización diferentes nematodos entomopatógenos.

Nematodo	Nro. individuos	Mortalidad en base a Instar larval (%)					% de efectividad		Rendimiento kg/ha		
		Instar larvario									
		1	2	3	4	5	(%)*	DDL	Control biológico	Testigo	Autores
Heterorhabditis spp.	100 nematodos/ larva	-	100	100	100		100	2	-	-	(Ruiz, 2005)
Heterorhabditis bacteriophora	400 millones nematodos/ha	94	88	84	92	95	95	3	-	-	(Saltos, 2017)
Heterorhabditis bacteriophora	750 nematodos /larva	-	-	-	-	-	84,44	3	-	-	(Sánchez et al., 2019)
Heterorhabditis bacteriophora	110,000000 nematodos/ha	-	-	-	-	-	50	3	7660	6876	(Saltos, 2011)

Steinernema carpocapsae	400 millones nematodos/ha	88	69	79	85	95	95	3	-	-	(Saltos, 2017)
Steinernema carpocapsae	250 millones nematodos/m²	77	86	74	92	-	92	3	3386,67	2755,33	(Vargas, 2021)

DDL (días después de la liberación).

Por lo expuesto anteriormente, el resultado con mayor mortalidad de *S. frugiperda* fue reportado por Ruiz (2005) al utilizar el nematodo *Heterorhabditis* y alcanzó 100% de mortalidad desde el segundo estadio larval, mientras que Saltos (2011) no obtuvo buenos resultados ya que no supero el 50% de efectividad, este último resultado puede estar ligado por la cantidad de nematodos utilizados, condiciones de campo como humedad relativa y temperatura, al respecto Castruita (2017) indica que las variables como temperatura puede limitar la permanencia de los nematodos y el rango de temperatura óptima para el desarrollo de los nematodos entomopatógenos oscila entre 6-32ºC y esta varía de acuerdo a las especies que se pretende controlar, también indica que se debe tener en cuenta el tipo de suelo, siendo los suelos arcillosos los que presentan un elevado nivel poblacional de nematodos.

En otros estudios, con el nematodo *Steinernema carpocapsae,* Saltos en el 2017, reporto mayor mortalidad en el quinto estadio larval con el 95% de efectividad y Vargas (2021) un 92% en larvas de *S. frugiperda* de cuarto instar larval, estos estudios fueron realizados en condiciones óptimas de temperatura (17 y 23°C) y con una precipitación anual promedio de 600-800 mm. Además, contaron con una gran diversidad de fauna y flora muy característica del lugar, en este sentido concuerda con lo mencionado por Castruita (2017) que para un buen desarrollo de los nematodos entomopatógenos deben estar en un rango de temperatura 6-32ºC siendo en 16-24ºC el máximo desarrollo y los nematodos en general tienen gran capacidad de adaptabilidad en humedades bajas y son susceptibles a la luz directa del sol al suelo.

El uso de nematodos entomopatógenos en condiciones favorables puede ayudar a controlar *S. frugiperda* hasta el 100% de la población de larvas en el cultivo de maíz, ya que tienen una amplia gama de hospedantes y capacidad para alcanzar altos índices de mortalidad. Estos biocontroladores pueden producirse a diferentes escalas mediante métodos *in vivo* e in *vitro,* ambientalmente son seguros, poseen alta adaptabilidad a nuevos ambientes, son resistentes a productos químicos y tienen alta compatibilidad con otros agentes biorreguladores Valverde et al. (2020). Asimismo, Sánchez & Rodríguez (2007) destacan que las especies de nematodos del género *Heterorhabditis* poseen una característica particular que les permite tener una mayor infectividad con respecto a otros, debido a la presencia de una estructura cefálica a modo de púa en los infectivos juveniles, la cual le

facilita otra entrada al insecto perforando la cutícula, por ende, existirá mayor índice de mortalidad y económicamente estos son viables siempre y cuando se cuente con una diversidad de ecosistema.

Finalmente, con el nemátodo *H. bacteriophora* en dosis de 110000 000 nematodos/ha se obtuvo el más alto rendimiento 7660,00 kg/ha es decir 784kg más que el testigo (6876,00kg/ha) en comparación con *S. carpocapsae* que obtuvo 3386,67kg/ha. Se puede decir que este nematodo presento mayor mortalidad y rendimiento en comparación con el resto, lo que concuerda con lo mencionado por Guambi (2020) quien indica que este nemátodo entomopatógeno posee reproducción masiva, alto rango de hospederos, y habilidad para ingresar en el huésped lo que permite mayor efectividad de control.

Parasitoides de mayor eficacia en el control biológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Por último, en la tabla 4, se puede observar el uso de diferentes parasitoides en el control de *S. frugiperda*, el porcentaje de parasitismo obtenido en diferentes edades del cultivo y a diferentes días de haber sido liberados los individuos y los porcentajes varían de acuerdo a la cantidad de enemigos naturales utilizados en cada estudio. En este sentido Beltrán (2021) con la liberación de *Trichogramma* sp. obtuvo el porcentaje más alto de huevos parasitados con un 82,90% cuando el cultivo tenía 30 días de siembra.

En otro estudio con el nematodo *Telenomus remus*, Castillo (2013) obtuvo un 98,68% de huevos parasitados, cuando el cultivo tenía 69 días de siembra y a los 42 días después de la liberación (ddl) de dicho biocontrolador.

Tabla 4. Porcentaje de parasitismo en *S. frugiperda* con la liberación de diferentes enemigos naturales.

Cantidad	Parasitoides	Edad del cultivo (días)	% de parasitismo	DDL	Autor
10 avispas/100 huevos	*Tricogramma pretioum*	30	38,00	7	(Morales et al., 2007)
100.000 huevos ha-^{1}	*Trichogramma sp*	30	82,90	14	(Beltrán, 2021)
22,500 avispas/ha	*Telenomus remus*	25	92,00	14	(Guevara, 2019)
2460 avispas /32 m2	*Telenomus remus*	69	98,68	42	(Castillo, 2013)

DDL días después de la liberación.

El porcentaje más alto de efectividad en el control de gusano cogollero fue reportado por Beltrán (2021) con el uso de *Trichogramma* sp. (82,90% parasitismo) en comparación con Morales et al. (2007) que no supero el 40% de efectividad, el primer resultado puede estar ligado con la cantidad y el género de avispas liberadas ya que Morales utilizo en su experimento avispitas macho del género *Trichogramma* en este sentido, Beltrán (2021) señala que si se usa hembras habrá mayor eficacia, ya que estas tienen la particularidad de realizar la ovoposición dentro del huevo del insecto plaga, de tal manera que todo su desarrollo lo realiza dentro del huevo o insecto, también influye el tiempo de vida, las hembras logran vivir hasta 6 días sin alimento y los machos únicamente 4 por ende si se usa machos no se podrá esperar largos periodos de evaluación.

Por otra parte, con la liberación de *Telenomus remus*, Castillo (2013) y Guevara (2019), obtuvieron alta efectividad en el control de huevos de *S. frugiperda* alcanzando un 92% y 96,89% de parasitismo respectivamente. Guevara (2019) en su estudio señala que *T. remus* tiene alta capacidad de parasitar huevos de especies de Lepidoptera, por ende, siempre y cuando las condiciones de temperatura (25ºC) sean óptimas existirá mayor porcentaje de parasitismo.

Por lo expuesto, se cree que *T. remus* puede ser el mejor parasitoide de huevos de *Spodoptera* spp. en comparación con *Trichogramma*, en este sentido Pomari et al. (2012) reportan que *T. remus* es más agresivo en una masa de huevos debido a su tamaño más robusto el cual le permite penetrar y parasitar todos los huevos mientras que los adultos de *Trichogramma* spp. son más pequeños y más delicados, por lo tanto, no pueden penetrar la masa de los huevos y usualmente parasitan solamente los huevos en la capa más externa de la masa.

Para la multiplicación de parasitoides se debe tener en cuenta, condiciones climáticas como humedad y temperatura (25 - 27 ºC) considerando que estos factores son los más importantes para su crianza, también se debe considerar la diversidad de ecosistema ya que las avispas se alimentan de miel de flores y otros insectos, con todas estas condiciones óptimas ellas pueden producirse de manera masiva y alcanzar niveles de parasitismo mayor de 90% en condiciones de campo Quesada (2007). Son rentables económicamente hablando, el uso de enemigos naturales no solo proporciona alto índice de mortalidad de insectos, sino que también ayuda a mantener un ambiente favorable, dejando actuar la naturaleza por si sola.

4 CONCLUSIONES

El menor porcentaje de daño ocasionados por *S. frugiperda* en las diferentes edades del cultivo (semanas) lo presentó el híbrido Dekalb 7088 con 10,00% de ataque en Colombia, en comparación a Ecuador que fue el híbrido promisorio con menor ataque 10,85% y en Argentina el híbrido Herculex® (HX1) con 12,00% respectivamente.

Para el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz, la bacteria *Bacillus turhingiensis* reporto el índice de mortalidad más alto en comparación con los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, sin embargo, el índice de mortalidad presentado por los hongos también permite considerarlos una alternativa viable para el control de *S. frugiperda*, y, el nematodo con mayor eficacia para el control de gusano cogollero pertenece al género *Heterorhabditis* spp., mismo que alcanzó el 100% de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* y con el uso del parasitoide *Telemonus remus* se obtuvo un alto parasitismo de huevos de *Spodoptera* spp, en comparación con *Trichogramma* spp. que alcanzó un 82,90%.

En cuanto al parámetro productivo (kg/ha) con la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* se reportó el rendimiento más alto con 13289,75kg/ha, es decir 7227,53kg más que el testigo (6062,22kg/ha) seguido de la bacteria *Bacillus turhingiensis* que produjo 7194,38kg y *Beauveria bassiana* alcanzó únicamente un incremento de 1041,70kg más que el testigo absoluto; por otro lado, con el uso de nematodos, *H. bacteriophora* se obtuvo el rendimiento más alto con un incremento de 784kg más que el testigo en comparación con *S. carpocapsae* que alcanzó 631,34kg.

5 REFERENCIAS

Agrocalidad. (2020). *Para la aprobación, ejecución y supervisión de ensayos de eficacia de plaguicidas y productos afines, de uso agrícola en Ecuador.* https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/Inst.-Ensay-Eficacia-Res-117-borrador.pdf

Aguayo, A., & Cruz, G. (2020). *Efecto del silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays* L.*) amarillo duro.* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1335/1/TTA08D.pdf

Arias, P., Banda, B., Bejarano De La Cruz, R., Salcedo, D., & Arellano, J. (2014). Efecto de *Beauveria bassiana* sobre la mosca *Anastrepha* sp. y larvas del cogollero *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio. *Revista Rebiolest, 2*(1). https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/644

Augusto, C., Juarez, M., Socias, M., Murua, M., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., & Castaminza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent*, *69*(4), 209–231. http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v69n3-4/v69n3-4a07.pdf

Ávila, M. (2021). *Comparación de biocontroladores de (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz Puerto Conguillo, provincia de Manabí.* [Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AVILA%20ABRIL%20MARIA%20MONSERRATE.pdf

Badillo, A. (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) variedad Iniap 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchinguí, cantón Pedro Moncayo, provincia pichincha.* [Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10735

Balbi, E., Flores, F., & Juárez, M. (2015). Evaluación del daño causado por el "Cogollero de maíz" (*Spodoptera frugiperda*) y presencia de la "Isoca de la espiga" (*Helicoverpa zea*) en diferentes híbridos de maíz transgénico. *INTA*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_entomo_maiz15.pdf

Barragán, R. (2011). *Capacidad reproductiva de hembras de Spodoptera frugiperda provenientes de larvas tratadas con altas dosis de cipermetrina y deltametrina.* [Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1062

Beltrán, A. (2021). *Eficiencia de Trichogramma* sp. *en el control de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz, Zea mays, Var. o híbrido Hércules en San Marcos, Santa Elena.* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6430

Cajan, G., & Sampertegui, P. (2018). *Utilización de cuatro controladores biológicos para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda J.E. Smith), en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en el distrito de Pítipo.* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4150

Campuzano, J. (2018). *Comportamiento del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda JE Smith) en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (Zea mays l.) Bajo tres fechas de siembra, en Jipijapa-Manabí.* [Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi]. https://1library.co/document/6qmdn08q-comportamiento-cogollero-spodoptera-frugiperda-diferentes-fenologicas-siembra-jipijapa.html

Carbajal, K. (2019). *Uso de entomopatógenos en el control de cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en el Cifo-Unheval – Huanuco, 2019.* [Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5202?show=full

Casanova, B. (2020). *Implementación de un sistema de producción y comercialización de maíz (Zea mays) híbrido para la evaluación de componentes de rendimiento en San Miguel, Putumayo.* [Universidad de La Salle Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1165&context=ingenieria_agronomica

Castillo, A. (2013). *Control biológico del gusano cogollero de maíz Spodoptera frugiperda (*Smith*) con liberaciones de Telenomus remus* nixon *en el valle de casanga, Paltas.* [Universidad Estatal de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11386

Castruita, G. (2017). Manejo biológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) con nematodos entomopatógenos + adherentes en maíz (*Zea mays*). [Instituto Politécnico Nacional]. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx/jspui/bitstream/LITER_CIIDIROAX/297/1/Castruita%20Esparza%2C%20G..pdf

Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays* L.*).* [Universidad Técnica de Ambato]. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3174/1/Tesis-33agr.pdf

Drouet, A. (2018). Efecto de la aplicación de Bacillus thuringiensis en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) del híbrido de maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Rio Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, *5*(1), 47–56. https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.312

Early, R., González, P., Murphy, S., & Day, R. (2018). Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm. *NeoBiota*, *40*, 25–50. https://doi.org/10.3897/neobiota.40.28165

Estrada, M. (2013). *Enemigos naturales asociados al gusano cogollero del maíz Spodoptera frugiperda (lepidoptera: noctuidae) en Nayarit, México.* [Universidad Autónoma de Nayarit]. http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1236

Ezeta, J., García, O., & Gordillo, F. (2018). Evaluación del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz. *Revista Ciencia e Investigación*, *3*(528–8083), 18–23. https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss11.2018pp18-23p

Fischbein, D. (2012). *Introducción a la teoría del control biológico de plagas.* https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-control_biolgico_de_plagas.pdf

Garcia, C., Gonzales, M., & Bautista, N. (2011). Patogenicidad de aislamientos de hongos entomopatógenos contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *y Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Revista Colombiana de Entomología, 37 (2): 217-222*. http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v37n2/v37n2a08.pdf

Girano, R. (2004). *Eficiencia de Bacillus thuringiensis en el control de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays) en el Bajo Mayo.* [Universidad Nacional de San Martin]. https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/773#:~:text=Los%20resultados%20demostraron%20que%20a,dias%20despu%C3%A9s%20de%20la%20infestaci%C3%B3n.

Gómez, H., Zapata, A., Torres del Aguila, E., & Tenorio, M. (2014). *Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos.* https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Manual-de-Producci%C3%B3n-y-Uso-de-Hongos-Entomopat%C3%B3genos.pdf

Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays* L.*) de la localidad san José de Chazo.* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793 .pdf

Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, Á., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Revista Digital Siembra*, *7*(2), 047–056. https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196

Guambi, A. (2020). *Producción semisólida y almacenamiento del nemátodo entomopatógeno Heterorhabditis bacteriophora: Revisión de Literatura.* [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/68ea6f66-91cd-4685-bc8c-7d60fed0ebee/content

Guevara, C. (2020). *Manejo agroecológico del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda* J.E Smith*) en el cultivo de maíz (Zea mays* L.*) en época seca de Mocache.* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6049

Guevara, G. (2019). *Fluctuación de la densidad poblacional de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera. halaenidae) en cultivo de maíz en tres localidades de la región Lambayeque.* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4276/BC-TES-TMP-3091.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez, E. (2017). *Control biológico de cogollero (Spodoptera frugiperda) y mazorquero (Heliothis zea) en el cultivo de maíz amiláceo, en la localidad de Maucacalle Abancay – Apurímac.* [Universidad Tecnológica de los Andes]. http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/43

Guzmán, C. (2014). *Cambio climático y control biológico de plagas: efecto de las condiciones abióticas en las interacciones entre enemigos naturales presentes en el agro-ecosistema del aguacate.* [Universidad de Málaga]. https://core.ac.uk/download/pdf/62899477.pdf

Herlinda, S., Octariati, N., & Suwandi, S. (2020). Exploring entomopathogenic fungi from South Sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity againtsst a new invasive maize pest, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas Revista de Diversidad Biológica*, *21*(7).

https://repository.unsri.ac.id/48279/1/Biodiversitas%20-%20Exploring%20entomopathogenic%20fungi%20-%20bukti%20korespondensi.pdf

Izquierdo, R. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe – Ecuador.* [Universidad Politécnica Salesiana sede Quito]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf

Jiménez, A. (2019). *Bacterias entomopatógenas como alternativa para el biocontrol de plagas.* [Universidad de la Laguna]. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/15760/Bacterias entomopatogenas como alternativa para el biocontrol de plagas.pdf?sequence=1

Jiménez, E., & Rodríguez, O. (2014). *Insectos plagas de cultivo en Nicaragua.: Vols. 632.7, 61*. https://repositorio.una.edu.ni/2700/1/NH10J61ip.pdf

Josse, J. (2019). *Expectativas de la cosecha de maíz 2019.* https://elproductor.com/wp-content/uploads/2019/04/revista%20abril%20maiz.pdf

Kergoat, G., Toussaint, E., Capdevielle, C., Clamens, A., Ong'amo, G., Conlong, D., van den Berg, J., Cugala, D., Pallangyo, B., Mubenga, O., Chipabika, G., Ndemah, R., Sezonlin, M., Bani, G., Molo, R., Ali, A., Calatayud, P. A., Kaiser, L., Silvain, J. F., & le Ru, B. (2015). Integrative taxonomy reveals six new species related to the Mediterranean corn stalk borer Sesamia nonagrioides (Lefèbvre) (Lepidoptera, Noctuidae, Sesamiina). *Zoological Journal of the Linnean Society*, *175*(2), 244–270. https://doi.org/10.1111/zoj.12275

Lezama, R., Molina, J., López, M., Pescador, A., Galindo, E., Ángel, C., & Michel, A. (2005). Efecto del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. *Avances En Investigación Agropecuaria*, *9*(1), 0188–7890. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83709103

López, I. (2017). *Manejo Integrado de Spodoptera frugiperda en el cultivo de Maíz (Zea mays* L*).* [Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3312/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000083.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Molina, R. (2010). *Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro; INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318, Austro 1, frente a dos testigos, AGRI 104 Y DEKALB DK 7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan - Cantón Pindal - Provincia de Loja.* [Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca]. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4746

Montezano, D., Spech, A., Sosa, D., Roque, V., Sousa, J., Paula, S., Peterson, J., & Hunt, T. (2018). Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, *26*(2), 286–300. https://www.researchgate.net/publication/329739490

Morales, J., Vásquez, C., Pérez, N. L., Valera, N., & Arrieche, N. (2007). Especies de Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitoides de Huevos de Lepidópteros en el Estado Lara, Venezuela. *Brazil Neotropical Entomology*, *36*(4), 542–546. https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000400011

Moreira, L. (2020). *Determinación del ciclo de vida del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), y el barrenador del tallo (Diatraea saccharalis), de maíz en condiciones controladas.* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6061/1/T-UTEQ-0279.pdf

Murúa, M., García, M., Pereira, M., Pero, E., Willink, E., & Gastaminza, G. (2013). Eficacia en campo del maíz Herculex® I para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Noroeste Argentino. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, *90*(1), 37–43. http://www.scielo.org.ar/pdf/riat/v90n1/v90n1a04.pdf

Ordóñez, M., Rios, C., Berlanga, D., Acosta, C., & Salas, M. (2015). Occurrence of Natural Enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, México. *Florida Entomologist*, *98*(3), 843–847. https://doi.org/10.1653/024.098.0305

Ortiz, K., Aragón, A., Pérez, B., Juárez, D., & López, J. (2018). Efecto de extractos vegetales y hongos entomopatógenos para el control de *Spodoptera frugiperda*, Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz. *Entomología Mexicana*, *5*(2448-475X), 136–140. https://1library.co/document/q0j785vz-extractos-vegetales-entomopatogenos-control-spodoptera-frugiperda-lepidoptera-noctuidae.html

Ortiz, T., Navarrete, E., Castro, C., Santana, D., García, G., Mora, O., & Uvidia, M. (2017). Evaluación de Extractos Vegetales y Bioinsecticidas Sobre Poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y *Elasmopalpus lignosellus* en Maíz. *European Scientific Journal, ESJ*, *13*(21), 238. https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p238

Placencio, F. (2015). *Descripción etológica del gusano cogollero del cultivo de maíz (Zea mays* L.*), en laboratorio. ceasa, sector Salache, provincia de Cotopaxi 2015.* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2523/1/T-UTC-00060.pdf

Pomari, A., Bueno, A. D. F., Oliveira, R., & Oliveira, A. (2012). Biological characteristics and thermal requirements of the biological control agent *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) reared on eggs of different species of the genus *Spodoptera (*Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, *105*(1), 73–81. https://doi.org/10.1603/AN11115

Portela, D., Chaparro, A., & López, S. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. *Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, *11*(1794–2470). http://dx.doi.org/10.22490/24629448.1031

Pricinotto, L., Claudemir, Z., Batista, I., Alves de Oliveira, M., Ferreira, A., & Teodoski, L. (2015). Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. *African Journal of Agricultural*, *10*(14), 1735–1742. https://doi.org/10.5897/ajar2014.8613

Quesada, V. (2007). *Parasitoidismo natural en huevos de Diatraea* spp. *Por Trichogramma* sp. *y Telenomus* sp., *en dos zonas cañeras de costa rica.* [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2812

Rodríguez, A., Guillén, C., Valle, H., Uva, V., Segura, R., Laprade, S., & Sandoval, J. (2010). *Aspectos a considerar sobre el control biológico.*

https://www.academia.edu/33006496/ASPECTOS_A_CONSIDERAR_SOBRE_EL_CONTROL_BIOL%C3%93GICO

Roy, H. E., Steinkraus, D. C., Eilenberg, J., Hajek, A. E., & Pell, J. K. (2006). Bizarre interactions and endgames: Entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annual Review of Entomology*, *51*, 331–357. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.150941

Ruiz, Y. (2005). *Empleo de Nematodos Entomopatógenos (Heterorhabditis* spp*) contra plagas insectiles.* [Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas]. http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/1560

Rutte, R., Aguilar, R., Maldonado, E., & Ruiz, M. (2020). Cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* contra *Spodoptera frugiperd*a y *Alabama argillacea* en el cultivo de algodón (G*ossypium barbadens*) en Piura, Perú. Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences, 36(1), 52–62. https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-2S30002

Saltos, J. (2017). *Efecto de dos concentraciones de los nematodos entomopatogenos Heterorhabditis bacteriophora (*Poinar*) y Steinernema carpocapsae (*Weiser*) para el control de Spodoptera frugiperda (*J.E. Smith*) en el cultivo de maíz.* [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/items/3473d36c-d574-4acf-a86e-474bb6dbe3a9

Saltos, T. (2011). *Manejo de Spodoptera* sp. *con el nematodo Heterorhabditis bacteriosphora en el cultivo de maíz (Zea mays* L.*) en Vinces.* [Instituto Tecnológico Agropecuario de Vinces]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/22849/1/tesis052.pdf.

Sánchez, I. (2014). Aspectos botánicos y taxonómicos del maíz. *Reduca (Biología)*, *7*(2), 151–171. https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf

Sánchez, J., Valle, J., Pérez, E., Neira de Perales, M., & Calderón, C. (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, *10*(4), 551–557. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.12

Sánchez, L., & Rodríguez, M. (2007). Potencialidades de *Heterorhabditis bacteriophora* poinar cepa hc1 para el manejo de *Hypothenemus hampei* FERR. I. parasitismo y capacidad de búsqueda. *Rev. Protección Veg.*, *22*(2), 80–84. https://www.researchgate.net/publication/262506420

Tepa, G., Tonnang, H., Goergen, G., Subramanian, S., Kimathi, E., Abdel, E., Flø, D., Thunes, K. H., Fiaboe, K. K. M., Niassy, S., Bruce, A., Mohamed, S. A., Tamò, M., Ekesi, S., & Sæthre, M. G. (2021). Global Habitat Suitability of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae): Key Parasitoids Considered for Its Biological Control. *Insects*, *12*(4). https://doi.org/10.3390/insects12040273

Torres, J. del C., Torres de la Cruz, M., Perez de la Cruz, M., Perez de la Cruz, A., Ortiz, C., & Garcia, S. (2016). Caracterización de aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y su patogenicidad hacia *Hypothenemus hampei*, en Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, *42*(1), 28–35. https://www.researchgate.net/publication/329229723

Troya, R. (2011). *Evaluación de Cepas de Nucleopoliedrovirus (NPV) Patógenos para el control del cogollero Spodoptera frugiperda en maíz en la zona de Babahoyo.* [Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/224

Tsai, C. L., Chu, I. H., Chou, M. H., Chareonviriyaphap, T., Chiang, M. Y., Lin, P. A., Lu, K. H., & Yeh, W. bin. (2020). Rapid identification of the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) using species-specific primers in multiplex PCR. *Scientific Reports*, *10*(1), 1–8. https://doi.org/10.1038/s41598-020-73786-7

Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B., & Muñoz, X. (2010). *Manejo integrado de las principales plagas del maíz.* https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1277/1/INIAP%20Plegable%20Divulgativo%20389.pdf

Valverde, A., Cornejo, A., Maldonado, A., Carbajal, K., Córdova, H., & Santos, J. (2020). Importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo de maíz dorado. *Revista de Investigacion Cientifica Rebiol*, *40*(2313–3171), 206–217. https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.08

Vargas, J. (2018). *Evaluación de insecticidas de contacto y sistémico bajo dos modos de aplicación para el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz.* [Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5147

Vargas, M. (2021). *Evaluación del nematodo entomopatógeno Steinernema carpocapsae para el manejo de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays* L.*).* [Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARGAS%20ORDO%C3%91EZ%20MAILY%20VIMARA.pdf

Velásquez, L. (2015). *Efecto de entomopatógenos en el control del cogollero (Spodoptera frugiperda* Smith*) en el cultivo de maíz dorado (Zea mays* L.*).* [Universidad Nacional "Hermilio Valdizan"]. https://1library.co/document/q2nm4meq-efecto-entomopatogenos-control-cogollero-spodoptera-frugiperda-cultivo-morado.html

Vergara, M. (2016). *Determinación de la línea básica de resistencia de Spodoptera frugiperda* Smith *a los insecticidas fipronil, permetrina, lufenuron y metomil.* [Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3039

Viera, W., Tello, C., Martínez, A., Navia, D., Medina, L., Delgado, A., Perdomo, C., Pincay, A., Báez, F., Vásquez, W., & Trevor, J. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *8*(2), 128–149. https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200128

Villamarín, F. (2012). *Validación de alternativas de control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), en el cultivo de maíz (Zea mays) híbrido Iniap h-553 en el cantón Urdaneta, provincia de Los Ríos.* [Universidad Estatal de Bolivar]. https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1009/1/046.pdf

Yanel, J. (2020). *Parasitoides y hongos entomopatógenos que afectan al complejo de orugas cortadoras (lepidoptera, noctuidae) en rastrojos de soja y pasturas de alfalfa en la provincia de la pampa.* [Universidad Nacional de la Pampa]. https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/7229

6 ANEXOS

6.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

6.1.1 Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

6.1.1.1 Generalidades

El maíz es una planta gramínea anual, originaria de América. Es monoica, monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceas de crecimiento rápido y de gran rendimiento, adaptable a diferentes condiciones edafoclimáticas. Su reproducción es mediante semillas, se constituye uno de los alimentos de consumo básico e importante después del arroz y el trigo (Sánchez, 2014).

6.1.1.2 Clasificación taxonómica de *Zea mays* L.

Tabla 6. Taxonomía de maíz.

Reino	Vegetal
Subreino	Embriobionta
División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Liliopssida (Monocothyledoneae)
Orden	Cyperaes
Familia	Poaceae
Genero	*Zea*
Especie	*Zea mays*

Fuente (Kergoat et al., 2015).

6.1.1.3 Descripción morfológica

6.1.1.3.1 Raíz

Forman el sistema radicular en forma de cabellera, el cual se extiende a una profundidad variable que puede llegar hasta 2 metros dependiendo de las condiciones de campo. Son fasciculadas con la función de dar un buen anclaje a la planta; en algunos es muy observatorio las raíces que sobresalen de los nudos a nivel del suelo, esto ocurre con las raíces secundarias (Badillo, 2016).

6.1.1.3.2 Tallo

Es una caña formada por varios nudos y entrenudos de longitud muy variable. El número de nudos está en dependencia de la variedad, en cada nudo es el punto de intersección de una hoja (Guacho, 2014).

6.1.1.3.3 Hojas

Son largas de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervas. Se localizan abrazando el tallo, presenta vellosidades en el haz; los extremos son muy finas y cortantes, su color por lo general es verde, pudiendo alcanzar longitudes de más de 1 metro y el número de hojas por planta varia de 8 a 25 (Aguayo & Cruz, 2020).

6.1.1.3.4 Inflorescencia

Son de inflorescencia monoica, es decir con inflorescencia masculina y femenina alejadas, pero en la misma planta. La inflorescencia masculina posee una panícula de color amarillo, el cual contiene gran cantidad de polen de 20 a 25 millones, en cambio la inflorescencia femenina posee entre 800 a 100 gramos de polen (Izquierdo, 2012).

6.1.1.3.5 Fruto

Está formado por el zuro, el cual es una parte central donde están adheridos los granos de maíz; el zuro representa el 15 al 30% del peso de la espiga. Los granos tienen una forma de cariópside brillante de color amarillo, blanco y morado (Villamarín, 2012).

6.1.1.4 Ciclo vegetativo

La germinación del maíz tiene una duración seis a ocho días, el cual comprende desde la simbra hasta la germinación o aparición el coleóptilo; luego empieza la fase vegetativa con la aparición de una hoja cada tres días, alcanzando su totalidad de ocho hojas dentro de cuatro o cinco semanas (Pricinotto et al., 2015).

6.1.2 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

6.1.2.1 Distribución geográfica

S. frugiperda, se encuentra distribuida en todas las regiones agrícolas de cereales en América tropical y subtropical, África, Asia y Australia. Se encentra en todas las partes del mundo en donde se encuentran producción reduciendo notablemente la producción de cereales como el maíz, arroz, algodón, sorgo, pastos y caña de azúcar. No solo se encuentra en regiones tropicales, también se localiza en zonas templadas (Augusto et al., 2010).

6.1.2.2 Clasificación taxonómica del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Tabla 5. Clasificación taxonómica de *S. frugiperda*

Reino	Animalia
Phylum	Artrópoda
Subphylum	Mandibulata
Clase	Insecta
Subclase	Endopterigota
División	Pterigota
Orden	Lepidóptera
Suborden	Frenatae
Super familia	Noctuidea
Familia	Noctuidae
Subfamilia	Amphipyarinae
Tribu	Prodeniu
Género	*Spodoptera*
Especie	*frugiperda*

Fuente (Chango, 2012).

6.1.2.3 Ciclo biológico

6.1.2.3.1 Huevecillos

Son de color rosa pálido que se torna gris a la aproximación de la eclosión, su forma es globosa. Las hembras colocan los huevecillos durante las primeras horas de la noche tanto en el haz como en el envés de las hojas; estos son depositados en masa de 100 huevos, el cual son cubiertas por segregaciones del aparato bucal y escamas del cuerpo los mismos que sirven para proteger contra enemigos naturales o factores ambientales desfavorables (López, 2017).

6.1.2.3.2 Larvas

Son de color blanco verdoso, los cuales al surgir de los huevecillos se alimentan del corion que es la cubierta protectora del huevecillo, después se trasladan a diferentes partes de la planta para evitar la competencia por alimento y el canibalismo, ocasionando los primeros daños del haz y envés de las hojas. Pasan normalmente por seis instares, en los dos primeros instares son de mayor importancia para su debido control; en el primer instar miden 2-3 mm y su cabeza es de color negro, en el segundo instar miden de 4-10 mm y la cabeza es de color rosa claro. En el tercer instar se introducen en el cogollo, su duración depende de la temperatura, su color varía según el alimento, en general son oscuras con rayas longitudinales. Las larvas en su último estadio pueden llegar a medir hasta 35 mm (Moreira, 2020).

6.1.2.3.3 Pupas

La obtecta, dura de 9-13 días y miden 15 mm y 5 mm de ancho. Su color es de color castaño con un tegumento liso. Los espiráculos, se ubican en el ápice y se encuentran desde el segundo al séptimo segmento abdominal (Placencio, 2015).

6.1.2.3.4 Adulto o mariposa

Las mariposas son de color pardo moteado, más resaltante que los machos y son atraídas por la luz. Las hembras por lo general tienen sus alas traseras de color blancuzco, mientras que los machos sus alas traseras son de color blancas. Siempre permanecen entre las hojarascas, malezas u otros sitios donde no lleguen los rayos solares durante el día; al atardecer y durante la noche son dinámicas desplazándose a varios kilómetros con dirección del viento (Barragán, 2011).

6.1.2.4 Daños e importancia económica

Las larvas se alimentan de las hojas tiernas del cogollo del maíz, causando raspaduras y agujeros en forma de ventana, este daño lo realizan en los estadios larvales uno y dos. En esta fase es característico observar los desechos en forma de aserrín. A medida que se desarrollan las larvas, es decir en el estadio larval tres realizan perforaciones migrando hacia el centro del cogollo y desde el estadio larval tres hasta el seis permanecen alimentándose del cogollo (Tepa et al., 2021)**.** Las larvas compiten por alimento produciendo canibalismo, permaneciendo una a dos larvas por planta. En el cultivo causan daños en las plántulas como cortador, en la fase vegetativa como cogollero y en la fase reproductiva (llenado del grano) como elotero y en el tallo como barrenador (Jiménez & Rodríguez, 2014).

6.1.3 Biocontroladores

6.1.3.1 Definición

Es el uso de organismos vivos los mismos que pueden ser: parasitoides, depredadores y entomopatógenos, los cuales se encargan suprimir a una plaga, con el objetivo de prevenir, reducir el impacto o población de plagas, lo cual contribuye a la reducción del uso de plaguicidas (Viera et al., 2020).

6.1.3.2 Clasificación del control biológico

6.1.3.2.1 Control biológico clásico

Es la introducción intencional de un enemigo natural de un agente de control biológico en un nuevo ambiente, con el objetivo de su establecimiento permanente y controle a las plagas de manera equilibrada a largo plazo (Guzmán, 2014).

6.1.3.2.2 Control biológico aumentativo

Es incrementar la cantidad de enemigos naturales, los cuales ya están presentes en un área afectada. También tiene el objetivo de la liberación periódica de enemigos biológicos alejadas en la zona afectada, los cuales se pueden realizar de dos formas: liberación inundativas o inoculativas (Fischbein, 2012).

6.1.3.2.3 Control biológico conservativo

Es la aplicación de medidas para preservar o proteger a los enemigos naturales presentes en el área, con el objetivo de incrementar la abundancia y mejorar las actividades de dichos organismos. Es de suma importancia identificar los factores que limitan o de qué manera influyen de manera negativa su acción reguladora en la población de enemigos naturales y de esta manera poder manipular el hábitat de estos organismos (Rodríguez et al., 2010).

6.1.3.3 Tipos de controles biológicos naturales

6.1.3.3.1 Parasitoides

Son microorganismos que por general necesitan de un hospedero para completar su ciclo biológico; realizan su ovoposición dentro o sobre los huevecillos, larvas o pupas. En el cultivo de maíz existen algunos parasitoides de importancia como la avispa pequeña *Trichogamma* spp. y *Telenomus* que actúan sobre *Diatraea* spp. y *S. frugiperda.* También las moscas *Paratheresia* sp. parasita a larvas de *S. frugiperda* (Yanel, 2020).

6.1.3.3.2 Depredadores

Son uno de los microorganismos más importantes que se alimentan de otro microorganismo para completar su ciclo biológico, generalmente son más grandes que sus presas. Existen especies de gran importancia en el control de plagas en el cultivo de maíz como los chinches *Zelus* spp., *Chrysopa* sp., y mariquitas de la familia Coccinelidae como la *Cycloneda sanguinea* (Estrada, 2013).

6.1.3.3.3 Entomopatógenos

Los microorganismos como los hongos, bacterias, nematodos y virus tienen la capacidad de causar enfermedades o desordenes en el organismo del microorganismo insecto-plaga, causando la muerte. En el cultivo de maíz existen algunos insectos perjudiciales como el caso de larvas de *S. frugiperda* que se puede controlar con el hongo *Verticillium* sp., también se puede controlar con productos elaborados a base de la bacteria *Bacillus thuriengiensis* (Valarezo et al., 2010).

6.1.3.3.4 Nematodos

Entre los nematodos de mayor importancia en el control de insecto-plaga está el género *Steinernema* y *Heterorhabditis,* los cuales actúan en simbiosis con bacterias como *Xenorhabduas* y *Photorhabdus,* la aplicación de nematodos es más eficiente en el suelo, debido a su tipo de hospedaje y afectación de los rayos UV, el cual provoca su eliminación (Saltos, 2017).

6.1.3.3.5 Bacterias

Existen cerca de 100 especies de bacterias que actúan biológicamente, la más conocida es *Bacillus thuringiensis*. Estos microorganismos producen toxinas en el hospedero al momento de incubarse dentro de las larvas, causando la intoxicación al introducirse por vía oral ya se por la boca o ano de la larva (Jiménez, 2019).

6.1.3.3.6 Virus

Los virus de mayor importancia en el control de insecto-plaga pertenecen a las familias: Baculoviridae, Reoviridae, Iridoviridae y Poxviridae. Los baculovirus son comúnmente los más empleados en el control biológico, debido a que poseen hospedantes limitantes como especies de Lepidópteros, Hymenópteros, Dípteros y Coleópteros; especialmente la familia Baculoviridae ha demostrado eficiencia en el control del gusano cogollero del maíz (Ordóñez et al., 2015). Por otro lado, el uso del Virus de la Poliedrosis nuclear también ha mostrado gran potencial en el control de dicha plaga, en Ecuador ha sido usado como controlador microbiológico en larvas de *S. frugiperda*, causando mortalidad a las 24h después de la aplicación (Troya, 2011).

6.1.3.3.7 Hongos

Los hongos de mayor importancia son *Beauveria bassiana* y *Metahrizium anisopliae*. Son los más empleados en el control biológico de insectos en especies como Hemíptera, Díptera, Coleóptera, Lepidóptera, Orthóptera y Hymenóptera (Herlinda et al., 2020).