



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Control químico de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794
(Lepidoptera: Crambidae) en el
cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y su
efecto sobre algunos controladores
biológicos**

Carlos Andrés Sendoya Corrales

Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agrícolas
Palmira, Colombia

2023

Control químico de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y su efecto sobre algunos controladores biológicos

Carlos Andrés Sendoya Corrales

Tesis de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Agrarias

Directora: Ph. D. Isaura Viviana Rodríguez Torres
Codirectora: Ph. D. Nora Cristina Mesa Cobo

Línea de Investigación: Protección de Cultivos - Entomología
Grupo de Investigación: Acarología

Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agrícolas
Palmira, Colombia

2023

(Dedicatoria)

A Dios y la Virgen María por darme la oportunidad de seguir adelante, por alumbrar mi camino y cuidarme durante este recorrido, por todas las enseñanzas y por ser siempre mis guías. A mi madre Rosalba Corrales Domínguez por su lucha, amor y entrega, a mi padre Leyser Over Sendoya González por todo lo enseñado y los valores inculcados, a mi hermana Diana Carolina Sendoya Corrales por su berraquera, entusiasmo, amor y perseverancia, a mi sobrino Juan José Núñez Sendoya por hacerme reír siempre y acompañarme en todas las locuras, a mi cuñado Johan Stevens Franco Henao por su apoyo incondicional y ayuda constante, a ellos y al resto de todos mis seres queridos, gracias por apoyarme, animarme y acompañarme en este hermoso camino de enseñanzas en el cual nos ha puesto Dios.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Carlos Andrés Sendoya Corrales

Fecha 07/04/2023

Agradecimientos

A mi profesora, mentora y consejera Nora Cristina Mesa Cobo; por el apoyo científico y psicológico. A la profesora Isaura Viviana Rodríguez Torres, por darme la oportunidad de desarrollar esta investigación.

A Jennifer Adriana Balcázar y Diana Carolina Arango; por apoyarme, escucharme y animarme a finalizar este hermoso proyecto.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, por permitir mi formación académica. Al laboratorio de Entomología, Acarología y Fisiología por el espacio para el desarrollo de la investigación.

A Syngenta Colombia y a Javier Tole por la financiación económica del primero objetivo de esta investigación.

Al vivero Hawaii S.A.S. y su gerente Julio Cesar Aristizábal, por el espacio para el establecimiento de las plantas.

Al área de entomología de Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia - Cenicaña, encabezado por el doctor Germán Vargas, Claudia Echeverry, Gerson Ramírez y Orlando Rojas; por la capacitación, ayuda con el material biológico y científico.

Al programa de fitomejoramiento del Centro de Internacional para la Agricultura Tropical y al Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (CIAT-FLAR), encabezada por la doctora Maribel Cruz y el técnico Rodrigo Morán, por la capacitación para el establecimiento y desarrollo de las plantas de arroz.

Al laboratorio Arias y Arias Bioinsumos S.A.S. Al laboratorio Diacontrol S.A.S. y a su gerente Cristian Naranjo, por la ayuda con todo el material biológico y asesoría para el desarrollo de las larvas de *Diatraea saccharalis* y sus controladores biológicos.

Al ingeniero Reinaldo Mina, por la colaboración técnica y logística para el desarrollo de la investigación.

Al profesor Norbey Marín Arredondo por la asesoría con el análisis estadístico de esta investigación.

También, quiero darles las gracias a los jurados Shirley Toro Sánchez de Fedearroz y al profesor Augusto Ramírez Godoy por las observaciones y aportes a la escritura de este documento. Y finalmente a todos ustedes por leer este proyecto que hoy les comparto.

Resumen

Control químico de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y su efecto sobre algunos controladores biológicos

Diatraea saccharalis, es una plaga de importancia económica en el cultivo de arroz, se han reportado pérdidas hasta del 63% en producción. Debido al impacto que causa este insecto, se hace necesario evaluar ingredientes activos efectivos para su manejo y amigables con los controladores biológicos. Este estudio se llevó a cabo bajo condiciones de casa de malla y de laboratorio. Se utilizaron plantas de arroz de 30 y 50 días de desarrollo; las cuales se infestaron con larvas de *D. saccharalis*. Se evaluó la eficacia, residualidad y fitotoxicidad de los ingredientes activos: plinazolin, emamectina benzoato, thiamethoxam, chlorantraniliprole y cyantraniliprole. Además, se evaluó el efecto sobre los controladores biológicos *Chrysoperla carnea* y *Lydella minense*. Se encontró que el tratamiento plinazolin + emamectina benzoato (150ml/ha), fue el que reportó menor porcentaje de incidencia de lesión, incidencia corazón muerto, tamaño lesión y número de individuos vivos recuperados al corte. No se evidenciaron efectos de fitotoxicidad en las plantas de arroz aplicadas con los diferentes tratamientos. Se determinó que hay mayor efectividad de los tratamientos cuando la aplicación se realiza de manera preventiva. El tratamiento de plinazolin + emamectina benzoato (150ml/ha), tardó más de 24 horas para ocasionar el 100% de la muerte de *C. carnea* y *L. minense*, la aplicación directa afecta más a los controladores biológicos, que cuando estos quedan expuestos sobre una superficie tratada. Se concluye que el tratamiento plinazolin + emamectina benzoato, 150ml/ha, se puede utilizar para el manejo de las poblaciones de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz de manera preventiva.

Palabras clave: barrenador del tallo, control preventivo, “corazón muerto”, *Chrysoperla carnea*, ingrediente activo, *Lydella minense*, panículas blancas.

Abstract

Chemical control of *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) in rice (*Oryza sativa* L.) and its effect on some biological controllers

Diatraea saccharalis is a plague of economic importance in rice cultivation; losses of up to 63% in production have been reported. Due to the impact that this insect causes, it is necessary to evaluate effective active ingredients for management and friendly with biological controllers. This study was carried out under the house of mesh and laboratory conditions. Rice plants of 30 and 50 days of development were used, which were infested with larvae from *D. saccharalis*. The efficacy, resistance, and phytotoxicity of active ingredients were evaluated: plinazolin, benzoate emamectin, thiamethoxam, chlorantraniliprole, and cyantraniliprole. In addition, the effect on biological controllers *Chrysoperla carnea* and *Lydella minense* was evaluated. It was found that the plinazolin + benzoate emamectin treatment (150ml/ha) was the one that reported the lowest percentage of incidence of injury, incidence of dead heart, injury size, and number of living individuals recovered from the cut. No effects of phytotoxicity were evidenced in the rice plants applied with the different treatments. It was determined that treatments are more effective when the application is carried out in a preventive manner. The treatment of pinazolin + benzoate emamectin (150ml/ha) took more than 24 hours to cause 100% of the death of *C. carnea* and *L. minense*; the direct application affects the biological controllers more than when they are exposed on A treated surface. It is concluded that plinazolin + benzoate emamectin treatment, 150ml/ha, can be used to manage the populations of *D. saccharalis* in the crop of rice in a preventive way.

Keywords: stem borer, preventive control, "dead heart", *Chrysoperla carnea*, active ingredient, *Lydella minense*, white panicles.

Contenido

	Pág.
	Resumen XI
Lista de figuras.....	XVII
Lista de tablas	XVIII
1. Introducción.....	1
2. Evaluación de ingredientes activos para el control de larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> en el cultivo de arroz.....	5
2.1 Introducción	5
2.2 Materiales y métodos.....	7
2.2.1 Área de estudio	7
2.2.2 Establecimiento y mantenimiento de plantas de arroz.....	7
2.2.3 Obtención de larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> de II instar	9
2.2.4 Evaluación de ingredientes activos para el control de <i>Diatraea saccharalis</i> ..	10
2.2.5 Variables evaluadas.....	14
2.2.6 Diseño experimental	17
2.3 Resultados.....	19
2.3.1 Ensayo 1: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo con larvas en su interior	19
2.3.2 Ensayo 2: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas 1 día después de la aplicación de los tratamientos	23
2.3.3 Ensayo 3: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas a 7 días después de la aplicación de los tratamientos	26
2.3.4 Ensayo 4: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas a 14 días después de la aplicación de los tratamientos	30
2.3.5 Ensayo 5: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas a 21 días después de la aplicación de los tratamientos	33
2.3.6 Ensayo 6: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 50 días de desarrollo, con infestación de larvas a 2 días después de la aplicación de los tratamientos	37
2.4 Discusión	40
2.5 Conclusiones	43

3.	Efecto de ingredientes activos sobre algunos controladores biológicos presentes en el agroecosistema del cultivo de arroz.....	45
3.1	Introducción	45
3.2	Materiales y métodos	46
3.2.1	Área de estudio	46
3.2.2	Controladores biológicos	47
3.2.3	Efecto de ingredientes activos sobre controladores biológicos	48
3.2.4	VARIABLES EVALUADAS.....	50
3.2.5	Diseño experimental	51
3.3	Resultados.....	51
3.3.1	Ensayo 1: evaluación de mortalidad de los controladores biológicos sobre una superficie tratada.	51
3.3.2	Ensayo 2: evaluación de mortalidad de los controladores biológicos en contacto directo con los tratamientos	53
3.4	Discusión	55
3.5	Conclusiones	56
A.	Anexo 1: Insecticidas y registro nacional.....	58
	Registro nacional de plaguicidas - ICA.....	58
	Plinazolin	¡Error! Marcador no definido.
	Emamectina benzoato	¡Error! Marcador no definido.
	Thiamethoxam	¡Error! Marcador no definido.
	Chlorantraniliprole y cyantraniliprole.....	¡Error! Marcador no definido.
	Lambda-cyhalotrina	¡Error! Marcador no definido.
4.	Bibliografía.....	59

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. (A) fangueo de suelo. (B) siembra de semillas de arroz. (C) plantas en piscinas. (D) jaula entomológica.	8
Figura 2. <i>Diatraea saccharalis</i> (A) masa de huevos y (B) larva. (C) unidad de alimentación.	9
Figura 3. (A) infestación de plantas de arroz con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> . (B) planta de arroz con unidad de acetato.	12
Figura 4. (A) bomba AZ con CO ² . (B) boquilla Albus Lila ATR 80. (C) aplicación de los tratamientos.	12
Figura 5. (A) último punto de crecimiento del tallo principal. Longitud del tallo (B) al iniciar el ensayo y (C) al finalizar el ensayo.	14
Figura 6. Daños ocasionados por <i>Diatraea saccharalis</i> . (A) aserrín o excremento de la larva (B) orificio de ingreso. (C) lesión interna. (D) tamaño lesión.	15
Figura 7. (A) plantas sanas. (B) corazón muerto. (C) planta de 30 días de desarrollo con corazón muerto.	16
Figura 8. <i>Diatraea saccharalis</i> (A) larva. (B) pupa.	16
Figura 9. (A) extracción de las plantas del matero. (B) limpieza de raíces. (C) plantas secas para el pesaje. (D) pesaje de bolsa de papel para empaque del material vegetal. (E) material vegetal para el secado en horno.	17
Figura 16. Unidades de cría para, (A) <i>Chrysoperla carnea</i> (recipiente plástico de 12 onzas). (B) <i>Lydella minense</i> (jaula entomológica).	47
Figura 17. Unidades experimentales para, (A) <i>Chrysoperla carnea</i> . (B) <i>Lydella minense</i>	48
Figura 18. (A) bomba de aplicación "jardinera". (B) área para la aplicación de los tratamientos (1 m ²).	49
Figura 19. Insecto muerto de: (A) <i>Lydella minense</i> . (B) <i>Chrysoperla carnea</i>	50

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Tratamientos y dosis evaluadas, para el control de <i>Diatraea saccharalis</i>	11
Tabla 2. Escala de fitotoxicidad propuesta por la EWRS.	13
Tabla 3. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo previamente infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i>	20
Tabla 4. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca de plantas de arroz de 30 días de desarrollo previamente infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i>	21
Tabla 5. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo previamente infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i>	22
Tabla 6. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 1 día después de la aplicación de los tratamientos.....	24
Tabla 7. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 1 día después de la aplicación de los tratamientos.	25
Tabla 8. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 1 día después de la aplicación de los tratamientos.....	26
Tabla 9. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 7 días después de la aplicación de los tratamientos.....	27
Tabla 10. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 7 días después de la aplicación de los tratamientos.	28
Tabla 11. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 7 días después de la aplicación de los tratamientos. ...	29
Tabla 12. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 14 días después de la aplicación de los tratamientos.....	31
Tabla 13. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 14 días después de la aplicación de los tratamientos.	32
Tabla 14. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 14 días después de la aplicación de los tratamientos. .	33

Tabla 15. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 21 días después de la aplicación de los tratamientos.	35
Tabla 16. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 21 días después de la aplicación de los tratamientos.	36
Tabla 17. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 21 días después de la aplicación de los tratamientos. .	36
Tabla 18. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 50 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 2 días después de la aplicación de los tratamientos.	38
Tabla 19. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 50 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 2 días después de la aplicación de los tratamientos.	39
Tabla 20. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 50 días de desarrollo, infestadas con larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> a 2 días después de la aplicación de los tratamientos. ...	40
Tabla 21. Tratamientos y dosis evaluadas, para efecto sobre controladores biológicos.	48
Tabla 22. Porcentaje de mortalidad de los controladores biológicos expuestos a superficie aplicada con los tratamientos.	52
Tabla 23. Porcentaje de mortalidad corregida de los controladores biológicos expuestos a superficie aplicada con los tratamientos.	53
Tabla 24. Porcentaje de mortalidad de los controladores biológicos expuestos directamente a los tratamientos.	54
Tabla 25. Porcentaje de mortalidad corregida de los controladores biológicos expuestos directamente a los tratamientos.	54
Tabla 26. Registro nacional de plaguicidas para el cultivo de arroz en Colombia – ICA 2022.	¡Error! Marcador no definido.

1. Introducción

El cultivo del arroz *Oryza sativa* L. (Poales: Poaceae), es uno de los cereales más importantes a nivel mundial (Degiovanni et al., 2010), este ocupa el segundo lugar en área cosechada después del trigo, cumple un papel protagónico en la canasta de alimentos básicos en los países en desarrollo; además, contribuye en la disminución de la pobreza y el mejoramiento socioeconómico de la población (Sanint, 2010). El arroz posee múltiples virtudes como alimento; es rico en vitaminas B (riboflavina, tiamina y niacina), en sales minerales (ceniza, fosforo, calcio y magnesio), es libre de colesterol y muy bajo en sodio (FAO, 2004; SAG, 2003).

Se encuentran establecidas más de 162 millones de hectáreas a nivel mundial, sembradas en los continentes de Asia, África, Europa y América, siendo China e India los países que concentran más de la mitad de la producción mundial de arroz (Statista, 2021). Colombia, es el segundo productor de arroz en América Latina y el Caribe, con aproximadamente 545.000 hectáreas sembradas entre arroz de riego y secano, establecidas en 12 departamentos, con una producción anual de 3.326.529 toneladas/año (Fedearroz, 2022).

Esta especie vegetal es afectada por factores abióticos como la temperatura, la radiación solar y el viento; entre los bióticos se encuentran los artrópodos y vertebrados plagas (aves y roedores), y enfermedades que limitan la producción de arroz a nivel mundial. Entre los insectos plaga, ácaros, aves y roedores, que causan un impacto negativo de mayor o menor grado en la producción están los coleópteros: *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae), *Lissorhoptrus oryzophilus* (Curculionidae) y *Eutheola bidentata* (Scarabaeidae); los lepidópteros *Agrotis* sp. (Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae), *Thyporyza incertulas* (Pyrallydae), *Sesamia inferens* (Noctuidae), *Rupela albinella* (Pyrallydae) y *Diatraea saccharalis* (Crambidae); los hemípteros *Sogatia orizicola* (Delhacidae), *Aphis* sp. (Aphididae), *Tibraca limbativentris* (Pentatomidae) y *Oebalus insularis* (Pentatomidae); el díptero *Hydrellia spinicornis* (Ephydriidae) y el acaro *Steneotarsonemus spinki*

(Tarsonemidae) (Camargo et al., 2014; Corrales et al., 2017; Meneses, 2008; Pérez, 2018; Pérez & Cuevas, 2018).

Diatraea saccharalis, es un insecto barrenador que se distribuye en todo el continente americano (EPPO, 2023), es considerado como una plaga potencial y de importancia económica en el cultivo de arroz, se presenta durante la época de macollamiento a floración y su daño se identifica cuando la planta muestra una espiga de color blanco (Pérez & Cuevas, 2018).

Las larvas recién eclosionadas se alimentan de las hojas tiernas, luego penetran y barrenan el tallo a la altura del tercio medio de la planta, pueden afectar varios tallos; como consecuencia del daño, los tallos jóvenes se secan y mueren, provocando lo que se conoce como corazón muerto (Pérez, 2018). Cuando el ataque ocurre al principio de la floración las hojas se secan, no se forman los granos y hay desprendimiento de la panícula (Abril et al., 1991). Las poblaciones de este insecto se incrementan rápidamente bajo condiciones climáticas de baja humedad y altas temperaturas; esto debido a que el ciclo de vida se acorta (Bustillo, 2013; Pérez, 2018), causa daños en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), arroz (*O. sativa*), trigo (*Triticum aestivum*) y en Poaceae (EPPO, 2023).

Los métodos de manejo más utilizados y recomendados en Colombia en cultivos como caña de azúcar, maíz y arroz, para el control de las poblaciones de *D. saccharalis* se enfocan en la preparación del suelo, eliminación de los residuos de cosecha, eliminación de especies hospederas, fertilización adecuada, uso y liberación de agentes de control biológico como los parasitoides (*Trichogramma exigum*, *Telenomus alecto*, *Billaea claripalpis*, *Paratheresia claripalpis*, *Cotesia flavipes*, *Genea jaynesi*, *Lydella minense*, *Apanteles diatraeae*, *Conura* sp., *Claripalpis wulp*, *Alabagrus stigma* y *Digonogastra* sp.), depredadores (*Coleomegilla maculata*, *Chrysoperla carnea*, *Eriopsis connexa*, *Dorus* sp., *Hippodamia* sp., *Cycloneda sanguínea*, *Polystes* sp. y *Argiope* sp.) y control microbiológico como *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Nomuraea rileyi* y *Metarhizium anisopliae* (Abril et al., 1991; Bustillo, 2013; Cuevas, 2010; Gómez & Vargas, 2014; Meneses, 2008; Pérez & Cuevas, 2018; Rodríguez et al., 2012; Vargas et al., 2018; Zúñiga-Oviedo & Soto-Giraldo, 2018). Pero, en el cultivo de arroz prevalece el uso de insecticidas de síntesis

química para el control de esta y otras plagas que afectan el cultivo (Pérez & Cuevas, 2018).

En países como Brasil, Guatemala, México y Perú, han centrado el manejo de *D. saccharalis* sobre todo en cultivos como el maíz y caña de azúcar en la aplicación foliar de insecticidas de síntesis química a base de clorpirifos, triazofos, deltametrina, profenofos, permetrina, thiodicarb, carbofuran, lambda-cyhalotrina, clorantraniliprole, tebufenozide, flubendiamida, azinfos-metilico, thiamethoxam, endosulfán, paratión-metilico y triflumuron, asperjados al follaje (Sagarpa, 2015; Silva et al., 2020; Torres & Márquez, 2010).

Debido al impacto que causan estos insecticidas en el agroecosistema y a su prohibición de uso, se hace necesario evaluar la eficacia, residualidad y fitotoxicidad de los ingredientes activos: plinazolin, emamectina benzoato, thiamethoxam, chlorantraniliprole y cyantraniliprole sobre larvas de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz y ver su efecto sobre el parasitoide *L. minense* y el depredador *C. carnea*, controladores biológicos que están presente en el agroecosistema arrocero, y que cumplen un papel esencial en el manejo de este y de otros insectos plagas que afectan el cultivo de arroz.

2. Evaluación de ingredientes activos para el control de larvas de *Diatraea saccharalis* en el cultivo de arroz

2.1 Introducción

Una de las principales limitantes sanitarias en el cultivo de arroz, es el ataque causado por el insecto plaga *D. saccharalis* que amenaza la producción de arroz. Ferreira et al. (2004) y Way et al. (2006), reportaron pérdidas hasta del 63% en producción de arroz debido al ataque de este insecto en Brasil y Estados Unidos. El cambio climático, es uno de los factores que ha contribuido con el incremento poblacional de este insecto plaga, que se ha establecido en nuevos nichos (Barbosa et al., 2015; Cuevas, 2010).

Otros de los factores que ha contribuido con el aumento poblacional de *D. saccharalis* es la siembra masiva y cercanía entre las especies vegetales hospederas, su amplia distribución en el continente americano, su hábito alimenticio, su ciclo de vida – tiempo de desarrollo se puede reducir (por el aumento de temperaturas ambientales), su detección a tiempo, el sistema de riego (la altura de la lámina de agua hace que las larvas inicien los daños en las partes altas de la planta, siendo más intensos y de mayor importancia económica), la época de la siembra, la variedad, el desbalance nutricional (provocan tallos frágiles), el periodo vegetativo en el que se encuentran las plantas, aplicación de insecticidas no específicos, reducción de controladores biológicos naturales y prácticas agronómicas inadecuadas (Cuevas, 2010; Pérez, 2018; Pérez & Cuevas, 2018; Riveros & Rodríguez, 2010; Sanint, 2010).

En general, la siembra de arroz junto a cultivos como maíz, sorgo o caña de azúcar, favorecen el incremento poblacional del insecto, debido a las migraciones masivas hacia el cultivo de arroz, principalmente cuando coincide con la etapa de maduración de los otros

cultivos hospederos (Cuevas & Pérez, 2018). Los adultos de *D. saccharalis* empiezan a invadir los cultivos de arroz aproximadamente a los 30 días después de germinada las plantas, estas invasiones las realizan durante la noche debido a sus hábitos (Meneses, 2008). Las larvas recién emergidas se alimentan de hojas tiernas, posteriormente, ingresan al tallo donde se alimentan y destruyen el punto de crecimiento. Los daños ocasionados durante la etapa de reproducción y maduración del cultivo causan una mayor disminución de la producción, las hojas se secan y los granos no se forman; debido a que la planta no tiene la capacidad de recuperación durante esta etapa de desarrollo (Pérez, 2018). Estos daños provocan lo que se conoce como corazón muerto o espiga blanca (panículas vanas y erectas), cuando estos síntomas se observan en la planta, ya el insecto ha realizado el daño y no se justifica realizar ninguna práctica de control (Abril et al., 1991; Meneses, 2008). Según Cuevas & Pérez (2018), sugieren un umbral de acción del 5% de tallos con corazón muerto, en la etapa de máximo macollamiento de las plantas de arroz, para iniciar con prácticas de manejo de las poblaciones de este insecto plaga.

En Colombia se han utilizado un gran número de insecticidas para el control de diferentes problemáticas sanitarias que se presentan en el cultivo de arroz, entre los que se destacan: monocrotofos, dimetoato, clorpirifos, profenofos, diazinon, carbofuran, cypermetrina, betacyflutina, deltametrina, alfa-cypermctrina, lambda-cyhalothrina, betacypermetrina, diflubenzuron, clorfuazuron, teflubenzuron, avemectina, emamectina benzoato, fipronil, nitroguanidina, imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam, dinotefuran, chlorantraniliprole y sufoxaflor asperjados al follaje (Meneses, 2008; Pérez & Cuevas, 2018). Algunos de estos insecticidas ya no se encuentran disponibles en el mercado; debido a los daños ambientales que causan en el agroecosistema.

Por lo anterior, porque no se han evaluado esos ingredientes activos y por la importancia e impacto que este insecto plaga tiene en el cultivo de arroz; se hace necesario evaluar la eficacia (evaluada para este estudio, con el porcentaje de incidencia de lesión y de corazón muerto en la planta, tamaño lesión, número de perforaciones en el tallo y número de individuos vivos al final del ensayo), residualidad (presencia de ingrediente activo en la planta, que todavía ejercen un control significativo contra el insecto plaga), y fitotoxicidad definida como el grado de efecto tóxico causado por la aplicación de los ingredientes activos: plinazolin, emamectina benzoato, thiamethoxam, chlorantraniliprole y

cyantraniliprole sobre larvas de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz. Herramientas que pueden servir en procesos de rotación de ingredientes activos en el manejo de las poblaciones de esta plaga tan importante en este cultivo.

2.2 Materiales y métodos

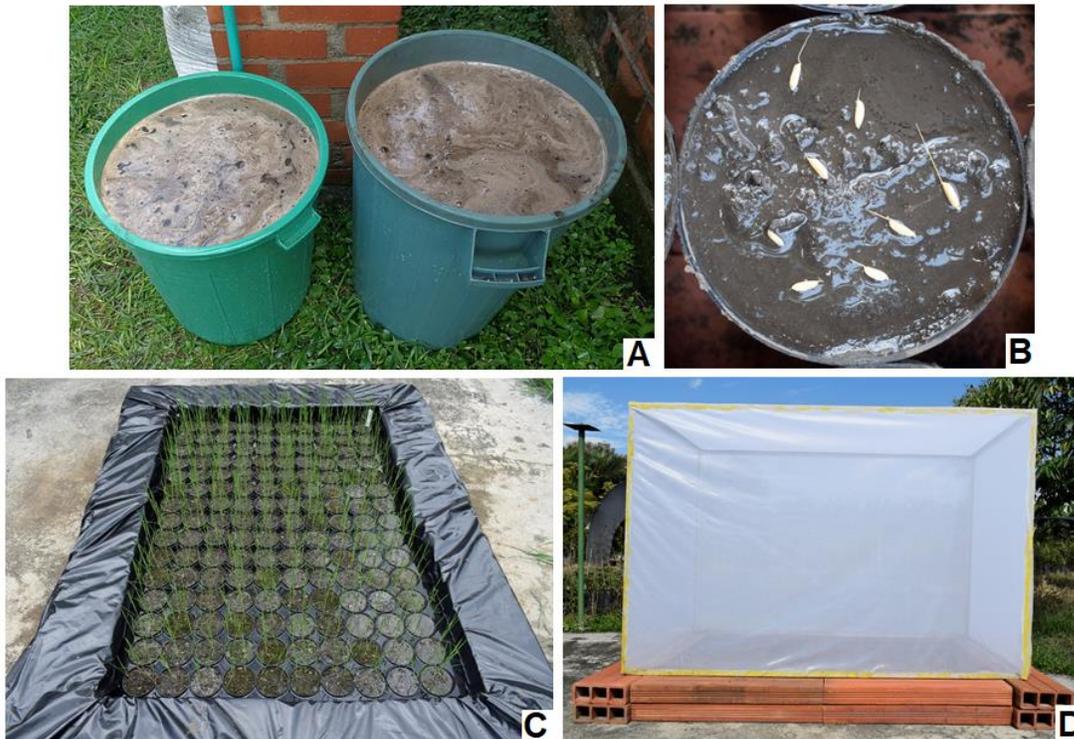
2.2.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo bajo condiciones de casa de malla y del laboratorio de Entomología y Acarología en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ubicados en la cabecera del municipio de Palmira (Valle del Cauca, 3°30'42"N 76°18'28"W), a 1001 msnm, con una temperatura promedio durante el tiempo de estudio de 26,8±5,3°C y una humedad relativa de 62±16,5%. Y en el vivero Hawaii; ubicado a cinco kilómetros del municipio (3°28'0" N 76°19'60"W), a 998 msnm, 24,3±3,1°C y 68,1±12,6% de humedad relativa.

2.2.2 Establecimiento y mantenimiento de plantas de arroz

Para la siembra de las plantas de arroz, se utilizó la metodología descrita por FLAR para la cría de insectos en invernadero (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego – CIAT). Se colectó suelo de textura arcillosa de la zona arrocera de Santander de Quilichao (Cauca), se tamizó y se mezcló en una relación 1:1 con tierra negra (suelo franco), se esterilizó en unas vagonetas a una temperatura de 80°C durante cuatro horas. Posteriormente, el suelo esterilizado se dispuso en recipientes plástico de 120 litros de capacidad con suficiente agua (fangueo) (Figura 1A), esta actividad se realizó quince días antes de la siembra.

Figura 1. (A) fangueo de suelo. (B) siembra de semillas de arroz. (C) plantas en piscinas. (D) jaula entomológica.



Cómo material vegetal, se utilizó la variedad de arroz Bluebonnet 50 (adaptada para las condiciones y el manejo dentro de invernadero), las semillas fueron sembradas en materos plásticos de 8,5 x 10,5 cm que contenían el suelo fangueado y fueron cubiertas con suelo seco (Figura 1B). Para favorecer la germinación y homogeneidad de la emergencia de las plantas, se taparon todos los materos previamente sembrados con un plástico negro durante cuatros días. Se verificó diariamente la humedad de los materos y se aplicó riego con ayuda de una manguera cuando fue necesario. Después del quinto día de germinación se procedió a ralear las plantas, dejando tres plantas por matero. Quince días después de la germinación se realizó la fertilización con una mezcla de 0,2 gr de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) a cada planta.

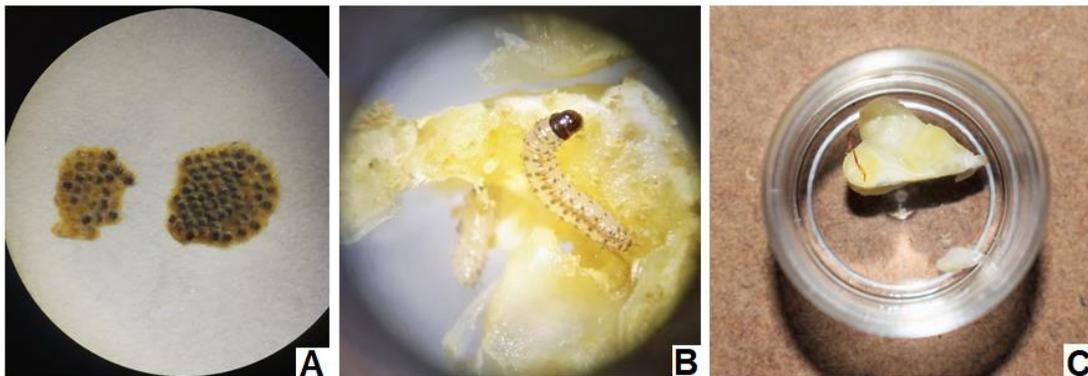
Finalmente, 20 días después de la germinación, las plantas se ubicaron dentro de unas piscinas elaboradas con plástico negro calibre 10 (Figura 1C), las cuales fueron llenadas con agua hasta el borde de los materos (inundación artificial). Se realizó seguimiento al

nivel del agua y se completó cuando fue necesario. Desde la emergencia y durante el desarrollo de los ensayos, las plantas se cubrieron con una jaula entomológica (Figura 1D); para evitar el ataque de otros insectos. De esta manera se mantuvo un vivero de plantas de arroz las cuales fueron utilizadas en las diferentes fases de la investigación.

2.2.3 Obtención de larvas de *Diatraea saccharalis* de II instar

Para el desarrollo de los experimentos, se utilizaron masas de huevos de *D. saccharalis* las cuales fueron provistas por el Laboratorio Diacontrol ubicado en el municipio de Pradera (Valle del Cauca) (3°25'08"N 76°14'38"O). Este sitio cuenta con una cría del insecto, establecida bajo la metodología de Lastra & Gómez (2006), para la producción masiva de controladores biológicos.

Figura 2. *Diatraea saccharalis* (A) masa de huevos y (B) larva. (C) unidad de alimentación.



Las masas de huevos recién ovipositados se encontraban dispuestas en una hoja de papel bond (Figura 2A), estas se transportaron en una caja de icopor hasta el Laboratorio de Entomología y Acarología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira y se realizó seguimiento diario hasta la emergencia de las larvas. Las larvas que fueron emergiendo de la masa de huevos se ubicaron en un recipiente plástico de 9 cm³ (cuatro larvas/recipiente) (Figura 2B), las cuales contenían un trozo de mazorca tierna; utilizada para la alimentación de la larva (Figura 2C).

La mazorca tierna provenía de un maíz no transgénico, de aproximadamente 70 días de desarrollo (grano lechoso), se desinfectaron con hipoclorito al 0,5% y se lavaron tres veces con agua destilada, posteriormente, se secaron con una toalla de papel y se partieron en rodajas de 0,5 cm que se dispusieron en cada unidad. Se realizó seguimiento día de por medio y se dispuso de nuevo alimento a las unidades necesarias, este proceso se realizó hasta el quinto día después de la emergencia; cuando la larva se encontraba en II instar y tenía una longitud de 0,7 cm (Figura 2B), momento en que se utilizaron para realizar las infestaciones en los ensayos.

2.2.4 Evaluación de ingredientes activos para el control de *Diatraea saccharalis*

Los ensayos se llevaron a cabo en la casa de mallas del Laboratorio de Entomología y Acarología en la Universidad Nacional sede Palmira, se evaluaron los siguientes tratamientos (

Tabla 1):

Se evaluó la eficacia de los ingredientes activos mencionados en la Tabla 1, utilizando dos momentos de aplicación. En el primero momento, se realizó una infestación en plantas de 28 días de edad con larvas de II instar de *D. saccharalis* las cuales ingresaron al tallo; posteriormente, 48 horas después de la infestación se realizó la aplicación de los tratamientos con el fin de estimar la eficacia de los productos sobre larvas dentro de los tallos. En el segundo momento, se realizó la aplicación de los tratamientos antes del ingreso de las larvas, sobre plantas de 30 y 50 días de desarrollo. En este grupo de plantas se evaluó la eficacia de los insecticidas, la residualidad después de 1, 7, 14 y 21 días de aplicación.

Tabla 1. Tratamientos y dosis evaluadas, para el control de *Diatraea saccharalis*.

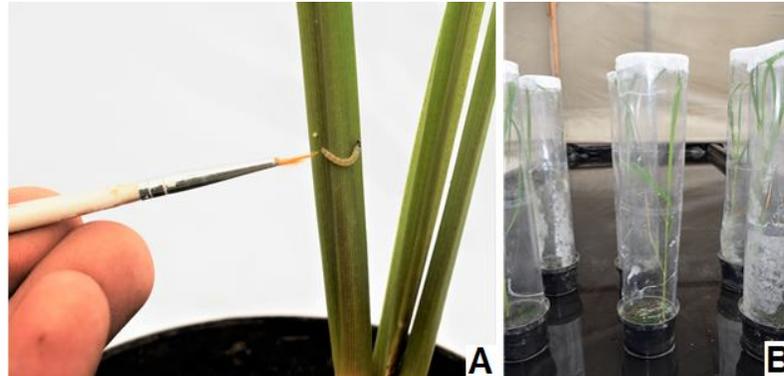
Tratamiento	Ingrediente activo*	Grupo químico	Presentación comercial	Dosis (gr o ml /ha)
T0	testigo absoluto	-	-	-
T1	testigo con infestación	-	-	-
T2	plinazolin + emamectina	Meta-diamidas + Avermectinas	SC	100
T3	plinazolin + emamectina	Meta-diamidas + Avermectinas	SC	150
T4	plinazolin + emamectina	Meta-diamidas + Avermectinas	SC	200
T5	thiamethoxam + chlorantraniliprole	Neonicotinoide + Diamidas	SC	200
T6	plinazolin	Meta-diamidas	SC	200
T7	thiamethoxam + cyantraniliprole	Neonicotinoide + Diamidas	WG	200
T8	thiamethoxam + cyantraniliprole	Neonicotinoide + Diamidas	WG	250

Nota: * Anexo 1. SC - suspensión concentrada, WG – gránulos dispersables. El volumen de la mezcla por hectárea fue de 200 litros.

A. Evaluación de la eficacia de los tratamientos con larvas en el interior de los tallos

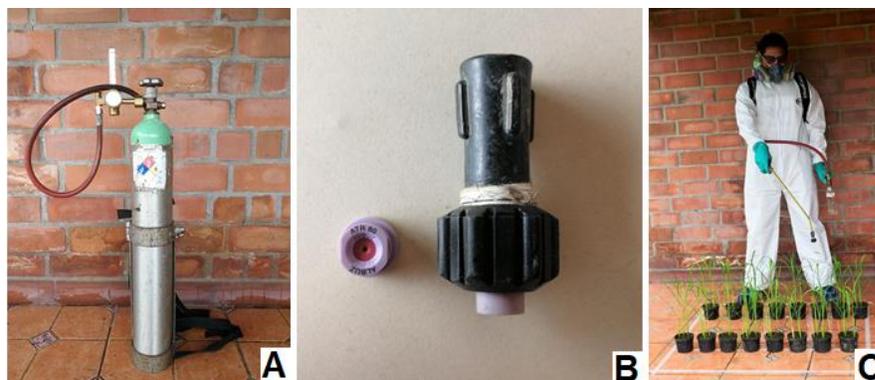
Del vivero de plantas de arroz previamente establecido, se seleccionaron plantas de 28 días de desarrollo, en cada una de ellas se registró la longitud del tallo principal (Figura 5B), y se infestó con dos larvas de *D. saccharalis* de II instar por planta (Figura 3A); esto se realizó con ayuda de un pincel #000. Posteriormente, se cubrió con un cilindro de acetato de 40 cm de altura y 8 cm de diámetro; este poseía en uno de sus costados una tela muselina que impide la salida de los insectos y permite el ingreso de oxígeno (Figura 3B). Estas unidades se dejaron durante 24 horas con el fin de obligar a las larvas a ingresar al tallo.

Figura 3. (A) infestación de plantas de arroz con larvas de *Diatraea saccharalis*. (B) planta de arroz con unidad de acetato.



Pasado este tiempo, se realizó la aplicación foliar de los tratamientos con ayuda de una bomba AZ accionada con CO² (Figura 4A-C), a una presión de 2,7 psi con una boquilla Albus Lila ATR 80 (Figura 4B), se realizó una calibración para una descarga de 200 litros por hectárea y se verificó el cubrimiento con papel hidrosensible.

Figura 4. (A) bomba AZ con CO². (B) boquilla Albus Lila ATR 80. (C) aplicación de los tratamientos.



Después de 24, 48 y 72 horas de la infestación, se cuantificó la incidencia del daño ocasionado por las larvas (perforación), además, se registraron las plantas con el síntoma conocido como “corazón muerto”. Siete días después de aplicados los tratamientos se verificó la presencia de plantas afectadas por fitotoxicidad, teniendo en cuenta la escala

EWRS (European Weed Research Society) (Tabla 2). También se realizó un muestreo destructivo donde se registró el tamaño interno de la lesión ocasionada por las larvas en cada planta, crecimiento de la planta y se estimó la materia seca de cada uno de los tratamientos.

Tabla 2. Escala de fitotoxicidad propuesta por la EWRS.

Escala	Síntomas
1	Ausencia de síntomas
2	Síntomas muy leves (amarillamiento)
3	Síntomas leves, pero claramente apreciables
4	Síntomas más fuertes (clorosis), que no repercuten en forma negativa en la cosecha
5	Fuerte clorosis o atrofia, se afecta la cosecha
6 a 9	Daños crecientes que ocasionan la muerte de la planta

B. Evaluación de la efectividad de los tratamientos antes del ingreso de las larvas al tallo y residualidad de los productos

Se seleccionaron plantas de 30 días de desarrollo, las cuales fueron asperjadas con los tratamientos descritos en la

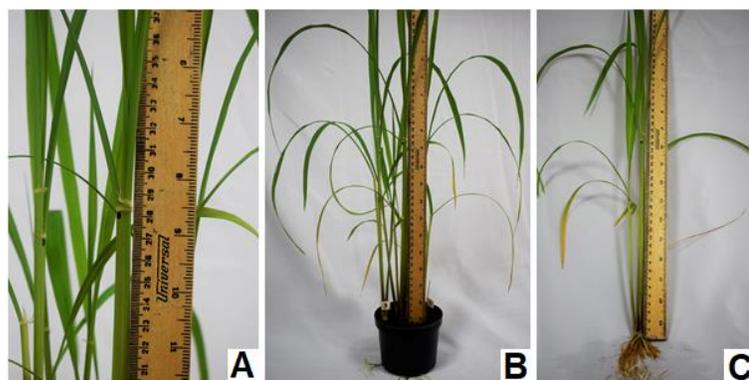
Tabla 1. Luego fueron divididos en cuatro grupos que se infestaron a los 1, 7, 14 y 21 días después de realizada la aplicación; esto con el fin de evaluar la efectividad y residualidad de cada producto. Para cada tiempo de infestación se utilizaron 45 materos, cada uno con tres plantas de arroz. La aplicación de los tratamientos, la infestación y las evaluaciones de incidencia de daño, corazón muerto, fitotoxicidad, longitud de tallo, lesión y materia seca se realizó bajo los mismos tiempos y métodos descritos anteriormente.

Las evaluaciones de residualidad también se realizaron sobre plantas de 50 días de desarrollo. Las lecturas de daño se realizaron al 7, 14 y 21 días después de realizada la infestación.

2.2.5 Variables evaluadas

- **Crecimiento:** con ayuda de una regla milimétrica se registró la longitud del tallo desde el cuello de la raíz hasta el último punto de crecimiento del tallo principal de la planta (Figura 5B), con un marcador permanente se marcó este punto (Figura 5A) y al final del ensayo se registró de nuevo esta medida (Figura 5C); con el fin de determinar la diferencia del crecimiento del tallo de cada tratamiento.

Figura 5. (A) último punto de crecimiento del tallo principal. Longitud del tallo (B) al iniciar el ensayo y (C) al finalizar el ensayo.



- **Lesión (incidencia, tamaño y perforaciones):** las lesiones se determinaron de manera visual, se contabilizó el número de macollas de cada planta y se ubicaron

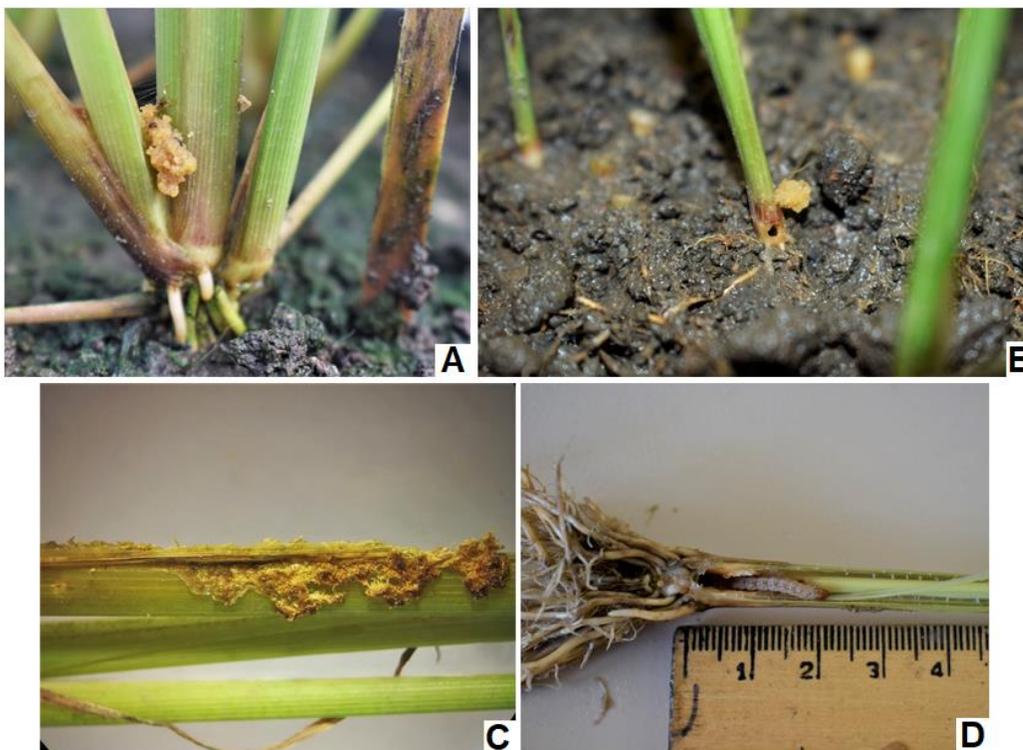
las perforaciones en los tallos de las plantas (Figura 6), estas evaluaciones se realizaron a las 24, 48, 72 horas y 7 días después de aplicados los tratamientos.

Incidencia lesión: $(N^{\circ} \text{ de tallos afectados por repetición} / N^{\circ} \text{ de tallos totales por repetición}) \times 100$

Tamaño de lesión: se midió con regla milimétrica el daño interno ocasionado por el insecto (Figura 6D).

Perforaciones: se contabilizó el número de perforaciones que presentaban los tallos de cada tratamiento (Figura 6B).

Figura 6. Daños ocasionados por *Diatraea saccharalis*. (A) aserrín o excremento de la larva (B) orificio de ingreso. (C) lesión interna. (D) tamaño lesión.



- **Corazón muerto:** se realizaron observaciones a las plantas en búsqueda de secamiento y doblamiento de la hoja bandera; muerte de la yema apical de la planta (Figura 7B-C), y se contabilizó el número de macollas afectadas por planta.

Incidencia de corazón muerto: $(N^{\circ} \text{ de macollas afectadas con corazón muerto por planta} / N^{\circ} \text{ de macollas totales por plantas}) \times 100$

Figura 7. (A) plantas sanas. (B) corazón muerto. (C) planta de 30 días de desarrollo con corazón muerto.



- **Individuos vivos al corte:** se contabilizó el número de larvas o pupas vivas por planta al finalizar cada ensayo (Figura 8).

Figura 8. *Diatraea saccharalis* (A) larva. (B) pupa.



- **Materia seca:** con ayuda de un cuchillo se extrajeron las plantas de los materos plásticos (Figura 9A), se lavaron las raíces (Figura 9B), se dejaron secar durante dos horas en una bandeja plástica que poseía una toalla de papel y posteriormente, se colocaron las tres plantas de cada repetición, en bolsas de papel que previamente fue rotulada, se colocaron las planta con sus respectivas macollas y raíces(Figura 9C). Se pesaron con ayuda de una balanza milimétrica (Figura 9D) (peso en fresco), se dejaron durante 48 horas dentro del horno a una temperatura de 60°C y después se pesó nuevamente para determinar el peso seco (Figura 9D-E). Con los datos obtenidos se calculó la materia seca: $[(\text{peso inicial} - \text{peso seco}) / \text{peso inicial}] \times 100$

Figura 9. (A) extracción de las plantas del matero. (B) limpieza de raíces. (C) plantas secas para el pesaje. (D) pesaje de bolsa de papel para empaque del material vegetal. (E) material vegetal para el secado en horno.



- **Fitotoxicidad:** se midió según la escala propuesta por la EWRS (Tabla 2). Para ello, se revisó cada planta de los diferentes tratamientos aplicados en búsqueda de síntomas de fitotoxicidad y se realizó su respectivo registro.

2.2.6 Diseño experimental

Se realizaron seis ensayos, en los cuales se evaluaron la incidencia del daño, la incidencia de corazón muerto, la residualidad, la fitotoxicidad, la longitud del tallo, el tamaño de las lesiones y la materia seca de las plantas:

Ensayo 1: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo que tenían larvas de II instar de *D. saccharalis* dentro del tallo.

Ensayo 2: evaluación de residualidad de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días, con infestación de larvas de II instar de *D. saccharalis*, un día después de aplicados los tratamientos.

Ensayo 3: evaluación de residualidad de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días, con infestación de larvas de II instar de *D. saccharalis*, siete días después de aplicados los tratamientos.

Ensayo 4: evaluación de residualidad de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días, con infestación de larvas de II instar de *D. saccharalis*, 14 días después de aplicados los tratamientos.

Ensayo 5: evaluación de residualidad de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días, con infestación de larvas de II instar de *D. saccharalis*, 21 días después de aplicados los tratamientos.

Ensayo 6: evaluación de residualidad de ingredientes activos en plantas de arroz de 50 días, con infestación al segundo día de aplicados los tratamientos con larvas de II instar de *D. saccharalis*.

El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar (BCA), con nueve tratamientos (

Tabla 1), cuatro repeticiones por tratamiento y tres plantas por repetición, para un total de 108 plantas por ensayo. Cada repetición estuvo conformada por tres plantas establecidas en un matero plástico. Se verificó la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene a los datos obtenidos en cada variable. Estos se analizaron mediante un análisis de varianza y se determinaron las diferencias estadísticas significativas entre las variables de los tratamientos con la prueba de Tukey ($p > 0,05$) y Friedman ($p > 0,05$); cuando fue necesario por el no cumplimiento de la homogeneidad de varianza, esto se realizó con ayuda del paquete estadístico S.A.S.

2.3 Resultados

2.3.1 Ensayo 1: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo con larvas en su interior

Se determinó que en la variable de incidencia de lesión hay diferencias significativas entre los tratamientos previamente infestados con larvas de *D. saccharalis* y el testigo absoluto (T0) (Tabla 3). En el caso de los tratamientos infestados no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las evaluaciones realizadas a través del tiempo, comparadas con el testigo infestado (T1) (Tabla 3). A las 24 horas después de aplicados los tratamientos, se registró que el tratamiento T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) fue el que presentó menor porcentaje de incidencia con 58,3% y el resto de los tratamientos estuvo por encima del 83,3% de incidencia de lesiones ocasionadas por las larvas de *D. saccharalis*, siendo T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha) y T6 (plinazolin, 200 ml/ha) los tratamientos que presentaron mayores porcentajes de lesión con 100% de incidencia (Tabla 3).

En la incidencia de corazón muerto, los tratamientos T1 (testigo infestado) y T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 100 ml/ha) fueron los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de incidencia de corazón muerto, con 70,8% y 66,0%; respectivamente. Mientras tanto, los tratamientos T6 (plinazolin, 200 ml/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) presentaron los menores porcentajes de incidencia de corazón muerto (23,6% y 22,2%; respectivamente). El resto de los tratamientos tuvieron una

incidencia entre 48,6% y 51,4% (Tabla 3). En las evaluaciones siguientes (48 HDT, 72 HDT y 7 DDT), se observó un incremento en el porcentaje de incidencia de corazón muerto de los tratamientos previamente infestados con el insecto y una tendencia similar a la evaluación de 24 HDT. Se destacó el tratamiento T6 (plinazolin, 200 ml/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) que, al finalizar las evaluaciones presentaron un menor porcentaje de incidencia con relación al resto de tratamientos evaluados, con una incidencia en promedio de 34,0% y 29,2%, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo previamente infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis*.

Tratamiento	Incidencia lesión (%)				Incidencia corazón muerto (%)			
	24 HDT	48 HDT	72 HDT	7 DDT	24 HDT	48 HDT	72 HDT	7 DDT
T0	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 b
T1	83,3 a	83,3 a	83,3 a	91,7 a	70,3 a	79,2 a	83,3 a	83,3 a
T2	91,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a	66,0 a	66,0 a	66,0 ab	73,6 a
T3	91,7 a	91,7 a	91,7 a	100,0 a	48,6 ab	62,5 a	62,5 ab	73,6 a
T4	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	50,0 ab	66,7 a	66,7 ab	70,8 a
T5	83,3 a	83,3 a	83,3 a	91,7 a	51,4 ab	55,6 ab	55,6 abc	63,9 a
T6	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	23,6 ab	34,0 ab	34,0 abc	34,0 a
T7	91,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a	50,7 ab	54,9 ab	54,9 abc	54,9 a
T8	58,3 a	75,0 a	83,3 a	83,3 a	22,2 ab	25,0 ab	25,0 bc	29,2 a

Nota: HDT: horas después de aplicados los tratamientos. DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Se evidenciaron diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de los tratamientos previamente infestados con las larvas de *D. saccharalis* y el testigo absoluto (T0); entretanto, no se presentaron diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo infestado (Tabla 4). Se destacan los tratamientos T6 (plinazolin, 200 ml/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha), los cuales presentaron un nivel de significancia similar al testigo absoluto (9,1 cm), con 5,0 cm y 5,9 cm de crecimiento/planta para los tratamientos, respectivamente. Mientas que, el testigo infestado T1 fue el que

presentó menor índice de crecimiento (0,8 cm/planta), esto debido a que la planta no fue aplicada con ningún producto para el control del insecto, lo cual permitió el ingreso del insecto al tallo de la planta para que se alimente, esto ocasionó un menor crecimiento en la planta y evidencia así el mayor porcentaje de incidencia de corazón muerto con 83,3% (Tabla 3).

Tabla 4. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca de plantas de arroz de 30 días de desarrollo previamente infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis*.

Tratamiento	Crecimiento (cm / planta)	Tamaño lesión (cm / planta)	N° individuos vivos al corte / planta	N° perforaciones / planta	Materia seca (%)
T0	9,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 b	88,1 ab
T1	0,8 b	1,2 a	0,5 a	1,4 a	90,9 a
T2	1,5 b	0,9 a	0,8 a	1,6 a	88,5 ab
T3	2,1 b	1,9 a	0,0 a	1,4 a	83,0 b
T4	2,9 b	1,0 a	0,0 a	1,2 a	86,5 ab
T5	3,5 b	1,3 a	0,3 a	1,4 a	91,4 a
T6	5,0 ab	1,4 a	0,0 a	1,7 a	89,3 ab
T7	2,8 b	1,3 a	0,0 a	1,6 a	86,6 ab
T8	5,9 ab	0,9 a	0,0 a	1,1 a	86,0 ab

Nota: datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Con relación al tamaño de la lesión, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y los testigos. Los tratamientos T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 100 ml/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) fueron los que presentaron menor tamaño de lesión (0,9 cm/planta, respectivamente), el resto de los tratamientos oscilaron entre 1,2 cm y 1,9 cm/planta de daño (Tabla 4). En plantas de arroz de 30 días de desarrollo, el tamaño del tallo fue muy delgado; esto facilitó el ingreso de las larvas de *D. saccharalis* al tallo de planta y combinado con las pequeñas lesiones que

lograron ocasionar, se alcanzó a evidenciar el corazón muerto en todos los tratamientos (Tabla 3).

El número de perforaciones por planta fluctuó entre 1,1 y 1,7 (Tabla 4). Mientras tanto, en el número de individuos vivos al corte, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos previamente infestados con *D. saccharalis* y el testigo absoluto (T0) (Tabla 4), estos presentaron valores que no superaron en promedio 0,8 individuos recuperados/planta al final de ensayo. En la mayoría de los tratamientos las larvas no lograron un desarrollo ideal; esto debido, al posible efecto que ocasionaron los tratamientos aplicados sobre las larvas que se encontraban dentro de las plantas de arroz, sin embargo, esto no fue suficiente para evitar la aparición del daño de corazón muerto. Finalmente, estos resultados indican que se debería realizar la aplicación de los tratamientos de manera preventiva para evitar el ingreso de las larvas.

Al analizar la materia seca no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron por encima del 83% y el mejor tratamiento fue el T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha), con 91,4% de materia seca (Tabla 4).

En cuanto a la fitotoxicidad de los tratamientos aplicados, no se encontraron diferencias significativas entre estos; pero, al compararlos con los testigos, se evidencio una diferencia significativa con el T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 100 ml/ha), donde según la escala de EWRS no representó efectos negativos sobre la producción; ya que los síntomas observados de amarillamiento estaban en la escala 2 (Tabla 5), clasificado como síntomas leves (Tabla 2).

Tabla 5. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo previamente infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis*.

Tratamiento	Fitotoxicidad
	7 DDT
T0	1,0 b
T1	1,0 b
T2	2,1 a

T3	1,3 ab
T4	1,3 ab
T5	1,5 ab
T6	1,3 ab
T7	1,3 ab
T8	1,2 b

Nota: DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

2.3.2 Ensayo 2: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas 1 día después de la aplicación de los tratamientos

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de incidencia de lesión de los tratamientos evaluados a través del tiempo. A las 24 horas después de la infestación se encontró que, el tratamiento T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha) fue el único que presentó daño con un 16,7% de incidencia de lesión, seguido por el testigo infestado (T1) con el 100% de incidencia (Tabla 6). En los demás tiempos de evaluaciones (48 HDI, 72 HDI y 7 DDI), se observó la misma tendencia que en la evaluación de las 24 HDI, con un pequeño aumento en el tratamiento T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha) que finalizó con un 25% de incidencia. También se observó que el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) finalizó con 8,3% de incidencia (Tabla 6). Estos resultados muestran la alta efectividad de los tratamientos aplicados para el control de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz; siendo, los tratamientos T2, T3, T4, T6 y T8 donde no se registraron lesiones al tallo de la planta de arroz (plinazolin + emamectina benzoato, 100 ml/ha; 150 ml/ha; 200 ml/ha; plinazolin, 200 ml/ha y thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha; respectivamente).

A las 24 horas después de la infestación no se registró la presencia de plantas con síntomas de corazón muerto en todos los tratamientos; mientras que, después de las 48 horas de la infestación, se observó que el tratamiento T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha) presento una incidencia del 4,2% a las 48 HDI y llego hasta

8,33% al finalizar el estudio. El testigo infestado (T1) presentó un índice de corazón muerto que osciló entre 32% y 69,4% de incidencia (Tabla 6). Los otros tratamientos fueron efectivos para el control del insecto, impidiendo que la larva de *D. saccharalis* ingresara al tallo de la planta de arroz para alimentarse y ocasionar los síntomas de corazón muerto. Estos resultados muestran la efectividad de los tratamientos aplicados para el control de la larva de *D. saccharalis* de manera preventiva; ya que impiden el ingreso del insecto al tallo de la planta.

No se encontraron diferencias significativas entre el crecimiento de las plantas infestadas y el testigo absoluto. El tratamiento T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha; respectivamente) fue el que presentó mayor crecimiento con 2,9 cm/planta y el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) fue el de menor crecimiento con 0,6 cm/planta, el resto de los tratamientos estuvo entre 2,3 cm y 0,9 cm/planta (Tabla 7).

Tabla 6. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 1 día después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Incidencia lesión (%) *				Incidencia corazón muerto (%) **			
	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI
T0	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T1	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	31,9 a	48,6 a	69,4 a
T2	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T3	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T4	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T5	16,7 b	25,0 b	25,0 b	25,0 b	0,0 a	4,2 b	4,2 b	8,3 b
T6	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T7	0,0 c	8,3 bc	8,3 bc	8,3 bc	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T8	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b

Nota: HDI: horas después de la infestación. DDI: días después de la infestación. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de: Tukey ($p > 0,05$)* ó Friedman ($p > 0,05$)**.

Con relación al tamaño de la lesión ocasionada por las larvas de *D. saccharalis* al tallo de la planta de arroz, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo infestados (T1), estando este último en 4,7 cm de lesión por planta (Tabla 7). Estos resultados siguen corroboran la efectividad de los tratamientos para impedir el ingreso de la larva de *D. saccharalis* al tallo de la planta de arroz.

Se encontró que solo el testigo infestado (T1) fue el que presento diferencias significativas en el número de perforaciones en el tallo, con un promedio de 2,4 perforaciones (Tabla 7). Lo mismo se observó en el número de individuos vivos recuperados al corte, en el testigo infestado se recuperaron en promedio 4 individuos/planta (Tabla 7). En los demás tratamientos infestados con *D. saccharalis* se encontraron los individuos muertos durante las evaluaciones realizadas a través del tiempo. Las larvas se tornaron de una coloración negra y se momificaron.

Tabla 7. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 1 día después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Crecimiento (cm / planta) *	Tamaño lesión (cm / planta) **	N° individuos vivos al corte / planta **	N° perforaciones / planta **	Materia seca (%) *
T0	1,9 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	83,8 a
T1	1,2 a	4,7 a	4,0 a	2,4 a	82,2 a
T2	0,9 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	84,7 a
T3	0,6 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	82,5 a
T4	1,8 a	0,0 b	0,0 b	0,1 b	82,8 a
T5	1,6 a	0,0 b	0,0 b	0,3 b	85,2 a
T6	1,2 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	84,3 a
T7	2,3 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	80,9 a
T8	2,9 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	84,5 a

Nota: datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de: Tukey ($p > 0,05$)* ó Friedman ($p > 0,05$)**.

En cuanto a la variable de materia seca, se registraron valores entre el 80,9% para el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) y 85,2% para el tratamiento T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha), luego de realizar el análisis estadístico con la prueba de Tukey no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Tabla 7).

La fitotoxicidad evaluada en las plantas aplicadas con los tratamientos estuvo en la escala 1; es decir que las plantas no presentaron ningún síntoma de fitotoxicidad (Tabla 8).

Tabla 8. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 1 día después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Fitotoxicidad 7 DDT
T0	1,0 a
T1	1,0 a
T2	1,1 a
T3	1,2 a
T4	1,0 a
T5	1,0 a
T6	1,0 a
T7	1,2 a
T8	1,0 a

Nota: DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

2.3.3 Ensayo 3: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas a 7 días después de la aplicación de los tratamientos

La incidencia de lesión entre los tratamientos infestados con las larvas de *D. saccharalis* no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y en las evaluaciones realizadas a través del tiempo (Tabla 9). A las 24 horas después de la infestación se observó que el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) fue el que menor porcentaje de incidencia de lesión presentó con 33,3% y los tratamientos T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 100 ml/ha) y T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha) fueron los que presentaron mayor porcentaje de incidencia de lesiones para este tiempo de evaluación, con 75% de incidencia para cada uno (Tabla 9). A partir de las 48 horas después de la infestación, todos los tratamientos infestados presentaron una incidencia superior al 83,3%. Estos resultados muestran que a medida que aumenta el tiempo entre la aplicación de los tratamientos y la infestación, disminuye la efectividad de los tratamientos; permitiendo el ingreso de las larvas a los tallos de las plantas de arroz.

A las 48 horas después de la infestación, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T5, T7 y el resto de tratamiento; presentando una incidencia de corazón muerto de 18,1% y 6,9%, respectivamente. Después de las 72 horas de infestación, se presentó un incremento en todos los tratamientos infestados con *D. saccharalis*, destacándose el tratamiento T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha) con 40,3% al presentar el menor porcentaje de incidencia de corazón muerto, Mientras que, el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) presentó la mayor incidencia (66,7%) (Tabla 9).

Tabla 9. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 7 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Incidencia lesión (%) *				Incidencia corazón muerto (%) **			
	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI

T0	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T1	75,0 a	83,3 a	91,7 a	91,7 a	0,0 a	0,0 b	54,2 a	54,2 a
T2	75,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	0,0 b	45,8 a	45,8 a
T3	33,3 a	91,7 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	0,0 b	43,1 a	43,1 a
T4	58,3 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	0,0 b	40,3 ab	40,3 ab
T5	75,0 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a	0,0 a	18,1 a	51,4 a	51,4 a
T6	41,7 a	91,7 a	91,7 a	91,7 a	0,0 a	0,0 b	50,0 a	50,0 a
T7	58,3 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	6,9 ab	66,7 a	66,7 a
T8	50,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	0,0 b	61,1 a	61,1 a

Nota: HDI: horas después de la infestación. DDI: días después de la infestación. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de: Tukey ($p > 0,05$)* ó Friedman ($p > 0,05$)**.

En la variable crecimiento se observó que hay diferencias significativas entre el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha); quien presentó el menor crecimiento con 0,6 cm y el testigo absoluto que estuvo en promedio en 3,8 cm/planta, los otros tratamientos oscilaron entre 1,6 cm y 3,3 cm/planta (Tabla 10). Con relación al tamaño de la lesión, se observaron diferencias significativas entre el testigo infestado que presentó un promedio de lesión de 6,79 cm y el resto de los tratamientos fluctuó entre 1,1 cm y 2,5 cm; para los tratamientos T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha), respectivamente (Tabla 10).

Tabla 10. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 7 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Crecimiento (cm / planta)	Tamaño lesión (cm / planta)	N° individuos vivos al corte / planta	N° perforaciones / planta	Materia seca (%)
T0	3,8 a	0,0 b	0,0 c	0,0 b	86,1 a
T1	1,7 ab	6,8 a	3,5 a	1,3 a	77,3 b
T2	3,3 ab	1,5 b	1,3 bc	1,2 a	78,9 b
T3	3,3 ab	1,1 b	0,8 c	1,1 a	82,1 ab

T4	3,1 ab	1,9 b	1,3 bc	1,1 a	81,0 ab
T5	2,5 ab	1,8 b	1,5 bc	1,3 a	80,0 ab
T6	2,7 ab	1,3 b	1,0 bc	1,2 a	77,9 b
T7	0,6 b	2,2 b	2,8 ab	1,6 a	77,5 b
T8	1,6 ab	2,5 b	3,5 a	1,4 a	77,4 b

Nota: datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Para la variable número de individuos vivos al corte se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos infestados, presentándose valores similares entre el tratamiento T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) y T1 (testigo infestado) con 3,5 individuos vivos/planta. Mientras que, el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) presentó el menor número de individuos recuperados al final del ensayo con 0,8 individuos/planta (Tabla 10), lo cual coincide con la incidencia más baja de corazón muerto presente en este ensayo (Tabla 9). No se encontraron diferencias significativas entre el número de perforaciones de los tratamientos y el testigo infestado, estos valores estuvieron entre 1,1 y 1,6 perforaciones/planta (Tabla 10).

Con relación a la materia seca se estimaron valores entre 77,3% (T1 – testigo infestado) y 86,1% (T0 – testigo absoluto). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T6 (plinazolin, 200 ml/ha) (77,9%), T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) (77,5%), T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) (77,4%) y el testigo absoluto, siendo estos tratamientos los más afectados por el número de perforaciones/tallo y el tamaño de la lesión que ocasionaron las larvas de *D. saccharalis* al ingresar al tallo de la planta de arroz. Entre los otros tratamientos T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha), T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha), T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha) no se encontraron diferencias con relación al testigo absoluto (T0) (Tabla 10).

Tabla 11. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 7 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Fitotoxicidad
-------------	---------------

7 DDT	
T0	1,0 a
T1	1,0 a
T2	1,5 a
T3	1,3 a
T4	1,3 a
T5	1,9 a
T6	2,0 a
T7	1,3 a
T8	1,8 a

Nota: DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

La fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, se evaluaron a los 7 días después de la aplicación de los tratamientos y se observó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y los testigos (Tabla 11). Según la escala de evaluación de síntomas de fitotoxicidad EWRS, los valores establecidos para la escala 1 eran ausencia de síntomas y para la escala 2; síntomas leves que no comprometieron el desarrollo y productividad de la planta.

2.3.4 Ensayo 4: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas a 14 días después de la aplicación de los tratamientos

No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos infestados en las diferentes evaluaciones realizadas a través de tiempos. A las 24 horas, se destacó el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) con la menor incidencia de lesión con 33,3%; mientras que, el resto de los tratamientos estuvieron por encima del 50%. A partir de las 48 horas después de la infestación, se observó un aumento de la incidencia de todos los tratamientos infestados con el insecto. A los 7 días después de infestadas las plantas, se calculó que los tratamientos T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha), T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200 gr/ha), T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) presentaron incidencias similares

a la estimada en el testigo absoluto (100%). Los tratamientos T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) y T6 (plinazolin, 200 ml/ha) fueron los que presentaron menor porcentaje de incidencia al final del ensayo con 75% cada tratamiento (Tabla 12).

A las 24 y 48 horas después de infestados los tratamientos no se observaron diferencias significativas en la incidencia de corazón muerto entre los tratamientos y el testigo infestado (Tabla 12). Después de las 48 horas se observó la presencia de plantas con corazón muerto en todos los tratamientos infestados, llegando a los 7 días con una incidencia máxima del 84,7% para el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) y una incidencia mínima de 19,4% registrada en el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha). Se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T3 y el testigo infestado (T1), con 19,4% y 63,9% de incidencia de corazón muerto; respectivamente (Tabla 12).

Tabla 12. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 14 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Incidencia lesión (%) *				Incidencia corazón muerto (%) **			
	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI
T0	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 a	0,0 a	0,0 b	0,0 d
T1	75,0 a	91,7 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	2,8 a	19,4 ab	63,9 ab
T2	83,3 a	83,3 a	83,3 a	83,3 ab	0,0 a	13,9 a	33,3 ab	45,8 abc
T3	33,3 a	66,7 a	75,0 a	75,0 ab	0,0 a	8,3 a	13,9 ab	19,4 cd
T4	83,3 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	9,7 a	26,9 ab	38,9 bcd
T5	83,3 a	83,3 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	23,6 a	44,4 a	59,7 abc
T6	50,0 a	66,7 a	66,7 a	75,0 ab	0,0 a	12,5 a	20,8 ab	43,1 abcd
T7	75,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	19,4 a	40,3 a	84,7 a
T8	58,3 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	18,1 a	40,3 a	72,2 ab

Nota: HDI: horas después de la infestación. DDI: días después de la infestación. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de: Tukey ($p > 0,05$)* ó Friedman ($p > 0,05$)**.

Se encontraron diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de los tratamientos T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) (1,4 cm y 0,9 cm/planta), en comparación con el T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha); que fue el tratamiento que presentó mayor crecimiento con 4,1 cm/planta en promedio (Tabla 13). El resto de los tratamientos osciló entre 1,3 cm/planta (T1 – testigo infestado) y 3,2 cm (T0 – testigo absoluto). En cuanto al tamaño de la lesión, se encontraron diferencias significativas entre el testigo infestado y los tratamientos; con excepción del tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) que presentaron valores cercanos al testigo infestado (T1) con 7,6 cm/planta. Los tratamientos que presentaron menor tamaño de lesión fueron los tratamientos T3 y T4 con 0,8 cm y 1,7 cm/planta; respectivamente (Tabla 13), resultados que coinciden con los tratamientos que presentaron mayor crecimiento de la planta (Tabla 13).

Tabla 13. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 14 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Crecimiento (cm / planta)	Tamaño lesión (cm / planta)	N° individuos vivos al corte / planta	N° perforaciones / planta	Materia seca (%)
T0	3,2 ab	0,0 c	0,0 b	0,0 e	80,5 a
T1	1,3 b	7,6 a	4,0 ab	2,4 a	78,0 ab
T2	2,5 ab	2,5 bc	1,3 ab	1,4 abcd	81,4 a
T3	4,1 a	0,8 c	0,3 b	0,5 de	85,0 a
T4	3,0 ab	1,7 c	0,3 b	1,0 cde	84,6 a
T5	2,7 ab	2,6 bc	1,5 ab	1,7 abcd	80,5 a
T6	2,1 ab	3,6 bc	2,3 ab	1,1 bcde	79,8 a
T7	1,4 b	7,6 a	3,3 ab	2,1 abc	68,4 c
T8	0,9 b	6,5 ab	4,5 a	2,3 ab	70,5 bc

Nota: datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

En el caso de individuos vivos se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T8 con 4,5 individuos/planta y los tratamientos T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) y T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha) quienes presentaron el menor número de individuos vivos al final del ensayo con 0,3 individuos cada uno (Tabla 13). Con relación al número de perforaciones, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) con 0,5 perforaciones/planta y el testigo infestado (T1) con 2,4 perforaciones, los otros tratamientos estuvieron entre 1 y 2,3 perforaciones/planta (Tabla 13).

Al analizar la materia seca se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha), T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) (68,4% y 70,5%, respectivamente), y el resto de los tratamientos que estuvieron entre 79,8% y 85,0%. Se resalta el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) el cual, presentó el mayor porcentaje de materia seca (Tabla 13).

Se evaluó la fitotoxicidad a los 7 y 14 días después de aplicados los tratamientos en plantas de 30 días de desarrollo y se concluyó que no había diferencias significativas entre los tratamientos (

Tabla 14).

Tabla 14. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 14 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Fitotoxicidad	
	7 DDT	14 DDT
T0	1,0 a	1,0 a
T1	1,0 a	1,0 a
T2	1,3 a	1,3 a
T3	1,1 a	1,3 a
T4	2,0 a	2,0 a
T5	1,3 a	1,4 a
T6	1,8 a	2,2 a

T7	1,3 a	1,5 a
T8	1,8 a	1,8 a

Nota: DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

2.3.5 Ensayo 5: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, con infestación de larvas a 21 días después de la aplicación de los tratamientos

A las 24 horas después de infestados los tratamientos se encontraron diferencias significativas en la incidencia de lesión, siendo el tratamiento T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha) con 66,7% el que presento mayor incidencia y el tratamiento T6 (plinazolin, 200 ml/ha) con 8,3% el de menor incidencia. Después de las 48 horas se incrementó la incidencia hasta el 100% en los tratamientos T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha). A los 7 días se observó que el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) fue el que menor porcentaje de incidencia de lesión presento entre todos los tratamientos evaluados (Tabla 15).

Después de las 48 horas de infestadas las plantas de arroz se presenciaron las primeras plantas con corazón muerto. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos infestados con los insectos a las 72 HDI entre el tratamiento T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 250 gr/ha); el cual presentó la mayor incidencia con 38,9% y el resto de los tratamientos que estuvieron entre 9,7% y 20,8% de incidencia (Tabla 15). Finalmente, a los 7 DDI no se encontraron diferencias entre los tratamientos infestados, se destaca el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) con la menor incidencia (Tabla 15).

En el crecimiento de las plantas no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, pero el tratamiento T6 (plinazolin, 200 ml/ha) fue el que presento mayor crecimiento con 1,8 cm/planta, entretanto el testigo infestado fue el que presento menor crecimiento (Tabla 16). En cuanto al tamaño de la lesión se encontraron diferencias

entre los tratamientos T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha), T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha) con 2,3 cm y 2 cm/planta, respectivamente, y el tratamiento T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200gr/ha) donde se registró un promedio de 8,5cm/planta, siendo este el de mayor tamaño de lesión (Tabla 16).

En el caso de los individuos vivos recuperados al final del ensayo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200gr/ha), T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) que estuvieron en 5,75 individuos/planta, cada tratamiento y el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) donde se cuantificó el menor número de insectos recuperados con 2 individuos/planta (Tabla 16); además, se observó que el tratamiento T5 (thiamethoxam + chlorantraniliprole, 200gr/ha) superó al testigo infestado (T1), explicando la alta incidencia que se registró en las plantas de este ensayo (Tabla 15). Esta misma tendencia se observó con el número de perforaciones por planta, donde el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) fue el de menor número de perforaciones y el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) el de mayor número de perforaciones/planta (Tabla 16).

Tabla 15. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 21 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Incidencia lesión (%)				Incidencia corazón muerto (%)			
	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI	24 HDI	48 HDI	72 HDI	7 DDI
T0	0,0 c	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 a	0,0 a	0,0 b	0,0 b
T1	33,3 abc	91,7 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	2,8 a	13,9 ab	42,4 ab
T2	58,3 ab	66,7 a	75,0 ab	91,7 a	0,0 a	2,8 a	9,7 ab	29,2 ab
T3	16,7 abc	58,3 a	58,3 b	66,7 a	0,0 a	2,8 a	11,1 ab	25,0 ab
T4	33,3 abc	66,7 a	75,0 ab	75,0 a	0,0 a	0,0 a	12,5 ab	30,6 ab
T5	50,0 abc	83,3 a	83,3 ab	91,7 a	0,0 a	6,9 a	20,8 ab	50,0 a
T6	8,3 bc	83,3 a	83,3 ab	83,3 a	0,0 a	2,8 a	16,7 ab	45,8 a
T7	50,0 abc	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	2,8 a	14,2 ab	33,6 ab
T8	66,7 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	0,0 a	0,0 a	38,9 a	60,4 a

Nota: HDI: horas después de la infestación. DDI: días después de la infestación. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Con relación a la materia seca, se observó que el tratamiento T7 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha) presento el menor porcentaje; esto debido, al tamaño de lesión que el estado larval de *D. saccharalis* ocasiono al tallo de la planta (Tabla 16). Al compararlo con los otros tratamientos, se observaron diferencias estadísticas entre el testigo absoluto que fue de 82,8% de materia seca y el tratamiento T4 (plinazolín + emamectina benzoato, 200 ml/ha) con 81,8% (Tabla 16).

Tabla 16. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 21 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Crecimiento (cm / planta) *	Tamaño lesión (cm / planta) **	N° individuos vivos al corte / planta **	N° perforaciones / planta *	Materia seca (%) *
T0	1,4 a	0,0 c	0,0 d	0,0 c	82,8 a
T1	0,2 a	3,7 abc	5,3 a	1,9 ab	79,7 abc
T2	0,2 a	2,9 abc	2,3 bcd	1,9 ab	78,0 bc
T3	0,4 a	2,3 bc	2,3 bcd	1,3 bc	81,3 abc
T4	0,3 a	2,0 bc	2,0 cd	1,8 ab	81,8 ab
T5	0,7 a	8,5 a	5,8 a	1,9 ab	81,2 abc
T6	1,8 a	5,7 ab	3,5 abc	1,5 ab	80,9 abc
T7	0,5 a	6,1 ab	5,8 a	2,6 a	77,3 c
T8	0,2 a	4,2 abc	5,0 ab	2,2 ab	78,9 bc

Nota: datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de: Tukey ($p > 0,05$)* ó Friedman ($p > 0,05$)**.

Tabla 17. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 30 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 21 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Fitotoxicidad		
	7 DDT	14 DDT	21 DDT
T0	1,0 a	1,0 a	1,0 a
T1	1,0 a	1,0 a	1,0 a
T2	1,0 a	1,0 a	1,2 ab
T3	1,0 a	1,1 ab	1,2 ab
T4	1,1 a	1,1 ab	1,2 ab
T5	1,8 a	1,8 ab	1,8 ab
T6	1,5 a	1,6 ab	1,6 ab
T7	1,3 a	1,3 ab	1,5 ab
T8	1,8 a	1,8 a	1,8 a

Nota: DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

No se evidenciaron síntomas de fitotoxicidad en las evaluaciones realizadas a través del tiempo de los diferentes tratamientos (Tabla 17).

2.3.6 Ensayo 6: evaluación de ingredientes activos en plantas de arroz de 50 días de desarrollo, con infestación de larvas a 2 días después de la aplicación de los tratamientos

Se encontraron diferencias significativas en la incidencia de lesión de los tratamientos y el testigo infestado, en los diferentes tiempos de evaluación. A los 7 DDI se observó que el testigo infestado presentó un porcentaje de incidencia del 91,7%, mientras que, los otros tratamientos evaluados no alcanzaron un 25% de incidencia. A los 21 DDI se registró el 100% de incidencia de lesión en el testigo infestado, al compararlo con los otros tratamientos, se determinó que había diferencia significativa entre este y los tratamientos T3, T4, T7 y T8 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha; 200 ml/ha; thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 gr/ha; 250 gr/ha; respectivamente), el cual fluctuaron entre 8,3% y 25% de incidencia (Tabla 18).

En cuanto a la incidencia de corazón muerto, se determinó que había diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p > 0,050$), entre los tratamientos y el testigo infestado en los diferentes tiempos de evaluación. A los 7 DDI, los tratamientos T3, T4 y T7 fueron los que presentaron menor porcentaje de incidencia de corazón muerto con 1,7%. Se observó un aumento en la incidencia de los tratamientos llegando a un valor máximo de 61,8% en el testigo infestado y el resto de los tratamientos no llegaron a superar el 10,4% de incidencia de corazón muerto, resaltándose los tratamientos T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) y T4 (plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha) con los menores valores de incidencia (Tabla 18).

Tabla 18. Incidencia de lesión y de corazón muerto en plantas de arroz de 50 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 2 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Incidencia lesión (%)			Incidencia corazón muerto (%)		
	7 DDI	14 DDI	21 DDI	7 DDI	14 DDI	21 DDI
T0	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T1	91,7 a	91,7 a	100,0 a	29,9 a	56,3 a	61,8 a
T2	16,7 b	16,7 b	41,7 ab	3,8 b	5,8 b	8,6 b
T3	8,3 b	8,3 b	25,0 b	1,7 b	1,7 b	1,7 b
T4	8,3 b	8,3 b	8,3 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T5	25,0 b	25,0 b	33,3 ab	6,3 b	10,4 b	10,4 b
T6	16,7 b	16,7 b	33,3 ab	6,9 b	6,9 b	6,9 b
T7	0,0 b	0,0 b	16,7 b	0,0 b	2,8 b	4,9 b
T8	25,0 b	25,0 b	25,0 b	5,8 b	10,0 b	10,0 b

Nota: DDI: días después de la infestación. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

En el crecimiento de las plantas se establecieron diferencias significativas entre el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) que superó al testigo absoluto (T0) y el testigo infestado (T1); los cuales estuvieron entre 5,1 cm y 0,2 cm/planta, respectivamente. El resto de los tratamientos estuvieron entre 1,4 cm y 4,3 cm/planta

(Tabla 19). Con relación al tamaño de lesión, el testigo infestado fue el que presentó mayor lesión con 5,9 cm/planta, siendo este diferente a los demás tratamientos evaluados. Se destacó el tratamiento T4 (Tabla 19); el cual no permitió el ingreso de la larva al tallo de la planta y este resultado corroboró la ausencia de síntomas de corazón muerto en este tratamiento (Tabla 18).

Tabla 19. Crecimiento, tamaño lesión, individuos vivos, número de perforaciones y materia seca en plantas de arroz de 50 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 2 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Crecimiento (cm / planta) **	Tamaño lesión (cm / planta) *	N° individuos vivos al corte / planta *	N° perforaciones / planta **	Materia seca (%) *
T0	3,5 ab	0,0 b	0,0 b	0,0 b	79,7 a
T1	0,2 b	5,9 a	4,5 a	2,4 a	72,4 a
T2	1,7 ab	0,9 b	0,3 b	0,4 b	79,8 a
T3	5,1 a	0,3b	0,3 b	0,3 b	80,0 a
T4	1,4 ab	0,0 b	0,0 b	0,0 b	80,7 a
T5	3,9 ab	1,2 b	0,0 b	0,4 b	81,1 a
T6	4,3 ab	0,5 b	0,0 b	0,3 b	79,5 a
T7	2,5 ab	0,3 b	0,0 b	0,2 b	81,6 a
T8	2,4 ab	0,7 b	0,3 b	0,5 b	82,0 a

Nota: datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de: Tukey ($p > 0,05$)* ó Friedman ($p > 0,05$)**.

En relación con el número de individuos vivos recuperados al corte, se establecieron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo infestado; estando en 0,3 y 4,5 individuos vivos/planta, respectivamente (Tabla 19). Estos valores tan bajos registrados en los tratamientos demuestran la efectividad de la aplicación de los tratamientos para el control de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz. En el número de perforaciones por planta, se observó la misma tendencia que en la variable mencionada anteriormente, el testigo infestado registró un número de 2,4 perforaciones/planta y el mejor tratamiento fue el T4

(plinazolin + emamectina benzoato, 200 ml/ha), donde no se observaron lesiones de ingreso, ni síntomas de corazón muerto en las plantas (Tabla 18Tabla 19).

Al analizar la materia seca se encontraron que no había diferencias significativas entre los tratamientos y los testigos, estos valores estuvieron entre 79,5% y 82%. Mientras que, el testigo infestado estuvo por debajo del 72,4%; lo cual, se explica por el alto porcentaje de lesión y menor crecimiento reportado (Tabla 19).

Con respecto a los efectos de fitotoxicidad en plantas de 50 días de desarrollo, se observó que ninguno de los tratamientos presentó síntomas asociados a problemas de fitotoxicidad, el valor máximo registrado fue de 1,7 que al compararlo con la escala EWRS, nos indica que los síntomas observados fueron leves, desaparecieron y no comprometieron el desarrollo, ni la productividad de la planta (Tabla 20).

Tabla 20. Fitotoxicidad de plantas de arroz de 50 días de desarrollo, infestadas con larvas de *Diatraea saccharalis* a 2 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Fitotoxicidad		
	7 DDT	14 DDT	21 DDT
T0	1,0 b	1,0 b	1,0 b
T1	1,0 b	1,0 b	1,0 b
T2	1,3 ab	1,3 ab	1,3 ab
T3	1,7 a	1,7 a	1,7 a
T4	1,4 ab	1,4 ab	1,4 ab
T5	1,3 ab	1,3 ab	1,3 ab
T6	1,3 ab	1,3 ab	1,3 ab
T7	1,4 ab	1,4 ab	1,4 ab
T8	1,1 ab	1,1 ab	1,1 ab

Nota: DDT: días después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

2.4 Discusión

Los insectos barrenadores del tallo han sido considerados como una plaga de importancia económica en el cultivo de arroz, tradicionalmente el control de este insecto se realiza mediante la liberación de controladores biológicos (Pérez, 2018); pero, debido al aumento poblacional, al cambio climático, a la diversidad de hospederos y a la disminución de parasitismo que este insecto tiene (Vargas et al., 2013), ha sido necesario la aspersión de insecticidas de síntesis químico y la evaluación de ingredientes activos amigables con el agroecosistema del cultivo de arroz.

Las aplicaciones foliares de insecticidas de síntesis químico son la principal práctica de manejo utilizadas para disminuir las infestaciones de *D. saccharalis*, siendo los insecticidas piretroides los más usados y los más perjudiciales para el agroecosistema de este cultivo (Reay-Jones et al., 2007). Durante esta investigación se determinó que, las larvas recién emergidas tardaban 24 horas en ingresar al tallo de la planta de arroz y 48 horas después de la infestación, se observaban síntomas de corazón muerto en plantas de 30 días de desarrollo. Según Litsinger et al. (2005), determinaron que la efectividad de los insecticidas se ve limitado debido al hábito que tiene este insecto al alimentarse del tallo de la planta de arroz, donde se oculta y protege de las aspersiones realizadas

Se determinó en esta investigación que, hay mayor efectividad de los tratamientos cuando la aplicación se realiza antes de que el insecto ingrese al tallo de la planta de arroz y cause el daño; es decir de manera preventiva, lo cual coincide con lo reportado por Reay-Jones et al. (2007), quienes concluyeron que aplicar los insecticidas piretroides dos veces durante la fase reproductiva del arroz, disminuye la presencia de corazón muerto en las plantas de arroz. Meneses (2008), no recomienda la aplicación de insecticidas de síntesis química luego de observar panículas blancas en el cultivo; ya que las medidas correctivas no ayudarían para aumentar el rendimiento. Por lo anterior, una de las herramientas más importantes para el manejo de las poblaciones de este insecto plaga y para la toma de decisiones, es conocer la ecología del insecto, identificar su fauna benéfica y realizar los monitoreos constantes (Pérez, 2018).

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha); produjo el menor porcentaje de incidencia de lesión, incidencia corazón muerto, tamaño lesión y número de individuos vivos recuperados al corte sobre plantas de 30 y 50 días de desarrollo, en *D. saccharalis* en arroz bajo las condiciones de estudio, lo cual coincidió con Meneses (2017), quien indica que una alternativa para el control de las poblaciones de *D. saccharalis* y para disminuir los problemas ambientales ocasionados por el uso excesivo de insecticidas químicos no específicos en el cultivo, es la utilización de nuevos ingredientes activos que sean selectivos, efectivos y amigables con el medio ambiente.

Uno de los ingredientes activos del T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha), es un modulador alostérico del canal de cloruro el cual es activado por GABA, siendo este el neurotransmisor inhibitor más importante de los insectos. Provoca hiperexcitación y convulsiones, no se transloca en las hojas ni en la planta, actúa tanto por contacto como por ingestión, según la clasificación del modo de acción del IRAC este ingrediente activo pertenece al grupo 30 (IRAC, 2023). Al combinar este ingrediente activo con emamectina benzoato, el cual pertenece al grupo 6 según la clasificación del modo de acción del IRAC, bloquea los impulsos nerviosos de los insectos a través del canal de cloruro regulado por el glutamato (IRAC, 2023). Poco tiempo después de la exposición e ingestión, el insecto deja de alimentarse, se paraliza y muere entre 3 y 4 días (Grafton-Cardwell et al., 2005). Este ingrediente activo es más específico y menos propenso a afectar a los enemigos naturales; ya que circula a través del parénquima de empalizada, siendo este un reservorio de ingrediente activo, que proporciona actividad residual en los cultivos frente a los insectos blancos que se alimentan de ella (IRAC, 2023).

La combinación de ingredientes activos, con diferentes mecanismos de acción, puede llegar a favorecer la efectividad del insecticida; cómo se observó en este estudio, donde el tratamiento T6 aplicado para el control del estado larval de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz, se potencializó al combinarlo con el emamectina benzoato (T3), encontrando menores porcentaje de incidencia de lesión y corazón muerto. Emamectina benzoato es un insecticida especializado en el control de lepidópteros (Argentine, 2002; Grafton-Cardwell et al., 2005). Estudios desarrollados por El-Sayed & El-Sheikh (2015), determinaron que emamectina benzoato era efectivo para el control del tercer y quinto

instar de *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). Taleh et al. (2021), determinaron que la combinación de emamectina benzoato con azadiractina, indoxacarb o imidacloprid, favoreció el control de larvas de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), después de 72 horas de asperjado el producto.

No siempre la combinación de dos principios activos con mecanismos de acción diferentes puede llegar a potencializar su efectividad en el control de un insecto plaga; esta efectividad está condicionada por mecanismo de acción, por el hábito, comportamiento del insecto y el tipo de planta. El ciantraniliprole, es un modulador del receptor de rianodina, tiene la capacidad de imitar la rianodina y activar los receptores de rianodina de insectos que inducen a la liberación del calcio acumulado en los músculos, lo que produce una contracción muscular generalizada y parálisis del insecto (IRAC, 2023; Lahm et al., 2005). Esta Diamida de segunda generación se ha utilizado de manera efectiva para controlar insectos chupadores y masticadores en varios cultivos (Cameron et al., 2014; Sattelle, 2008). Estudios desarrollados por Sidhu et al. (2014), determinaron que chlorantraniliprole y ciantraniliprole aplicados a las semillas de arroz, son efectivos para plagas como *D. saccharalis*. Resultados obtenidos por Dong et al. (2017), sugieren que los efectos letales y subletales del ciantraniliprole podrían suprimir la población de *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae). Por otra parte, la capacidad de absorción y redistribución que tienen los ingredientes activos chlorantraniliprol y ciantraniliprole a lo largo la planta de maíz, confiere una acción residual para el control de *S. frugiperda* (Pes et al., 2020). Por su parte thiamethoxam, es el neonicotinoide más utilizado a nivel mundial para el combate de insectos chupadores que transmiten enfermedades a las plantas, tales como pulgones y moscas blancas (Tomizawa & Casida, 2003). Este modulador nicotínico de acetilcolina, causa una hiperexcitación hasta la parálisis del insecto (IRAC, 2023). El uso de thiamethoxam aplicado en semillas de arroz es una alternativa importante para el manejo de *Chloethrip oryzae* (Thysanoptera: Thripidae) (Tang et al., 2017).

La combinación de thiamethoxam y ciantraniliprole tiene un efecto de contacto y sistémico. Los resultados obtenidos en este estudio determinaron que esta combinación no es efectiva para el control de larvas de *D. saccharalis* en el cultivo de arroz (tratamientos T7 y T8); estos tratamientos fueron los que presentaron el mayor porcentaje de incidencia de lesión, de corazón muerto, menor crecimiento y mayor tamaño de lesión; superando en

muchas ocasiones el daño al testigo infestado. Esta combinación se usa en el cultivo de papa, tomate, melón y soya; para el control de *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae), *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) y *Euschistus rufimanus* (Hemiptera: Pentatomidae) (Bass *et al.*, 2015).

2.5 Conclusiones

La mejor efectividad para contrarrestar el daño que el estado larval de *D. saccharalis* ocasiona al tallo de la planta de arroz, se presentó en el tratamiento T3 (plinazolin + emamectina benzoato, 150ml/ha), donde se identificaron los menores valores de porcentaje de incidencia de lesión, incidencia corazón muerto, tamaño lesión y número de individuos vivos recuperados al corte sobre plantas de 30 y 50 días de desarrollo. Mientras que, en los tratamientos T7 y T8 (thiamethoxam + cyantraniliprole, 200 y 250 gr/ha, respectivamente), se presentaron valores mayores o iguales a los registrados en el testigo infestado en las evaluaciones realizadas a través del tiempo y en plantas de arroz de 30 y 50 días de desarrollo.

Se determinó que hay mayor efectividad de los tratamientos cuando la aplicación se realiza antes de que el insecto ingrese al tallo de la planta de arroz; es decir de manera preventiva. En cuanto a la residualidad de los tratamientos, se evidenció que a medida que transcurre el tiempo entre las aplicaciones y la infestación del insecto a la planta de arroz, la efectividad de los tratamientos aplicados disminuye; ya que se observó un incremento en el número de perforaciones, el tamaño de lesión, la incidencia de corazón muerto y el número de individuos vivos recuperados al corte; mientras que, el porcentaje de materia seca y el crecimiento de la planta disminuyó.

Durante las evaluaciones realizadas no se evidenciaron efectos de fitotoxicidad en las plantas de arroz aplicadas con los diferentes tratamientos.

3.Efecto de ingredientes activos sobre algunos controladores biológicos presentes en el agroecosistema del cultivo de arroz

3.1 Introducción

El manejo integrado de *D. saccharalis* se ha centrado en la liberación y conservación de insectos depredadores como *Chrysoperla carnea*, *Polystes* sp., Araneae y Odonata; además de los parasitoides *Trichogramma exiguum*, *Billaea claripalpis*, *Paratheresia claripalpis*, *Genea jaynesi*, *Lydella minense*, *Cotesia flavipes* y *Conura* sp., entre otros controladores, en el cultivo de caña de azúcar (Cuevas et al., 2018; Gómez & Vargas, 2014; Vargas et al., 2018). Mientras que, el manejo de este insecto plagas en el cultivo de arroz está centrado en la aplicación de insecticidas de síntesis química (Pérez & Cuevas, 2018). Entre los insecticidas más utilizados en el cultivo de arroz se encuentran: el monocrotopos, dimetoato, clorpirifos, profenofos, diazinon, carbofuran, cypermctrina, betacyflutina, deltametrina, alfa-cypermctrina, lambda-cyhalothrina, betacypermctrina, diflubenzuron, clorfuazuron, teflubenzuron, avemectina, emamectina benzoato, fipronil, nitroguanidina, imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam, dinotefuran, chlorantraniliprole y sufoxaflor asperjados al follaje (Meneses, 2008; Pérez & Cuevas, 2018; Sidhu et al., 2014).

Los insecticidas son una herramienta diseñada para controlar los insectos blancos “plagas”, pero, estos también tienen el potencial de afectar a los enemigos naturales no objetivo, además de ocasionar problemas a corto o largo plazo en el agroecosistema donde se utilicen (Gentz et al., 2010; Van-Driesche et al., 2007). Los efectos en los insectos no blancos pueden ocurrir directamente a través del contacto con insecticidas o indirectamente en superficies tratadas, provocando efectos letales o subletales (Gentz et al., 2010).

Estudios desarrollados por Sâmia et al. (2019), determinaron que asperjar las semillas de algodón con thiamethoxam, ocasionan daños transgeneracionales en las larvas de *C. externa* y *Harminia axyridis*; se redujo la fertilidad de los huevos, prolongó el período larvario y su supervivencia. Del mismo modo, Fagundes et al. (2019) reportaron que, al exponer adultos de *C. flavipes* en superficies tratadas con la combinación de lambda-cyhalotrina + chlorantraniliprole y lambda-cyhalotrina + thiamethoxam, causaban mortalidades del 100%, con una persistencia de más de 30 días después de aplicados. Estos mismos autores también reportaron que chlorantraniliprole, clorfluazurón, novalurón y triflumuron no causan una mortalidad significativa en adultos de *C. flavipes*, pero, si generaron efectos subletales transgeneracionales.

A medida que la tecnología química avanza y la conciencia sobre los problemas ambientales creados por el excesivo uso de insecticidas es mayor, abre la ventana a la creación y evaluación de nuevos ingredientes activos, con modos de acción más específicos para el control de insectos plagas, siendo más amigables con el medio ambiente, con los depredadores, parasitoides y entomopatógenos (Cardona & Mesa, 2015; Gentz et al., 2010). Estudios desarrollados por Desneux et al. (2007), han recalcado la importancia de examinar aspectos fisiológicos, de comportamiento y ecológicos, así como el impacto de los insecticidas en el manejo integrado de plagas y en los insectos polinizadores, antes de registrar un insecticida.

Debido a todo lo anterior, se hace necesario evaluar el efecto de los ingredientes activos: plinazolin + emamectina benzoato, sobre el parasitoide *L. minense* y el depredador *C. carnea*, controladores biológicos de *D. saccharalis* presentes en el cultivo de arroz, con el fin de integrar esta herramienta bajo un esquema de manejo integrado.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones del laboratorio de Entomología y Acarología en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ubicado en la cabecera del municipio

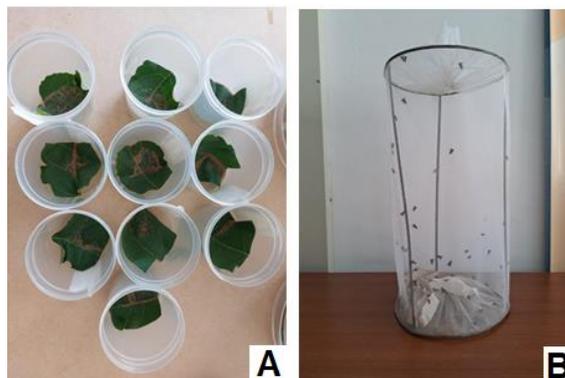
de Palmira (Valle del Cauca, 3°30'42"N 76°18'28"W) a 1001 msnm, con una temperatura promedio durante el tiempo de estudio de $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $82\pm 5\%$.

3.2.2 Controladores biológicos

Los controladores biológicos fueron comprados en el laboratorio Arias y Arias Diacontrol y Perkins ubicados en el municipio de Palmira y Pradera (Valle del Cauca), respectivamente. Se seleccionó al parasitoide *L. minense*, liberado de manera masiva en el cultivo de arroz y caña de azúcar para el control de *D. saccharalis* y el depredador *C. carnea*; presente dentro del agroecosistema arrocero.

Se utilizaron adultos hembras de *L. minense* de dos días de emergencia, las cuales se colocaron en jaulas entomológicas (Figura 10A), con una copa de azúcar "morena" para su alimentación y una mota de algodón embebida en agua. Para el caso de *C. carnea*, se utilizaron adultos que se ubicaron en recipientes plásticos de 12 onzas que contenían huevos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) y áfidos (Hemiptera: Aphididae), para su alimentación (Figura 10B). Estos controladores biológicos se mantuvieron bajo estas condiciones hasta el momento de su evaluación.

Figura 10. Unidades de cría para, (A) *Chrysoperla carnea* (recipiente plástico de 12 onzas). (B) *Lydella minense* (jaula entomológica).



3.2.3 Efecto de ingredientes activos sobre controladores biológicos

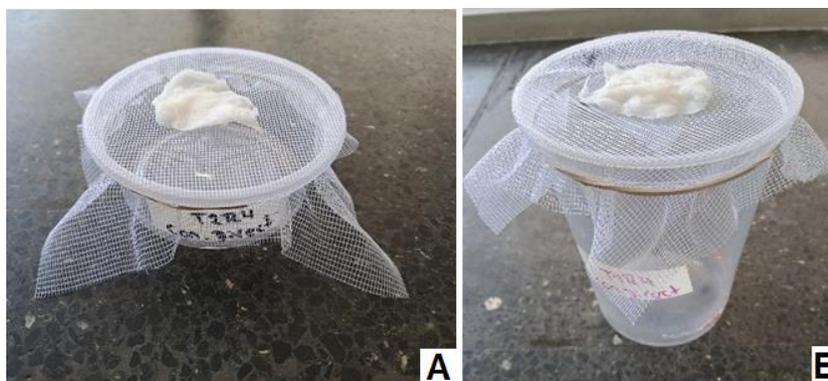
Tabla 21. Tratamientos y dosis evaluadas, para efecto sobre controladores biológicos.

Tratamiento	Ingrediente activo*	Grupo químico	Presentación comercial	Dosis (ml /ha)
T1	testigo (agua)	-	-	-
T2	plinazolin + emamectina	Meta-diamidas + Avermectinas	SC	150
T3	lambda-cyhalotrina	Piretroide	SC	60

Nota: * Anexo 1. SC - suspensión concentrada. El volumen de la mezcla por hectárea fue de 200 litros.

Se evaluó el efecto del tratamiento plinazolin + emamectina benzoato en una dosis de 150 ml/ha; seleccionado en el objetivo anterior como el tratamiento más efectivo para el control de larvas de *D. saccharalis*, se comparó con un insecticida piretroide (lambda-cyhalotrina) y un testigo sobre los controladores biológicos mencionados (Tabla 21), los cuales se evaluaron en dos ensayos diferentes.

Figura 11. Unidades experimentales para, (A) *Chrysoperla carnea*. (B) *Lydella minense*.

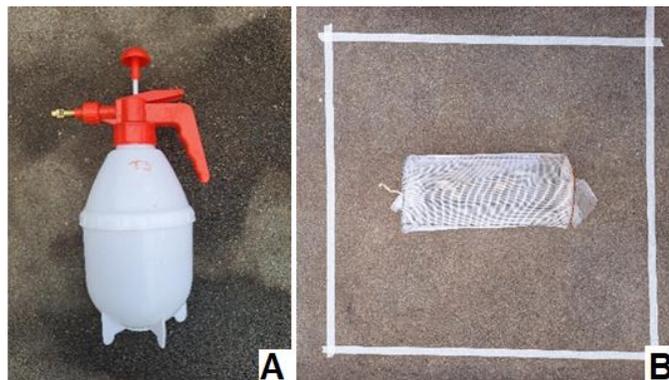


Cada repetición o unidad experimental estuvo conformada por 5 adultos de *L. minense* o *C. carnea*; según correspondió. Estos individuos fueron confinados en recipientes plásticos de 12 onzas para *C. carnea* y 32 onzas para *L. minense*, los cuales fueron tapados con

tela muselina, para evitar la salida de los controladores biológicos (Figura 11), y se dispuso de una fuente de alimento para cada controlador biológico como se indicó anteriormente.

Con ayuda de una bomba de aplicación “jardinera” de 2 litros de capacidad (Figura 12), se realizó la aplicación de los tratamientos descritos en la Tabla 21, en un área de 1 m² (Figura 12), previamente se realizó una calibración para una descarga de 200 litros por hectárea.

Figura 12. (A) bomba de aplicación “jardinera”. (B) área para la aplicación de los tratamientos (1 m²).



Ensayo 1. Evaluación de mortalidad de los controladores biológicos sobre una superficie tratada

Se aplicaron los tratamientos en la parte interna de las unidades experimentales de cada controlador biológico, se dejaron secar durante dos horas y finalmente se realizó la liberación de cada controlador biológico en las unidades experimentales correspondientes.

Se contabilizó el número de individuos muertos por cada especie a las 4, 8, 24, 48 y 72 horas después de liberados los individuos. En el caso de los individuos vivos al final de la evaluación de las 72 horas, se les continuó el seguimiento hasta la muerte.

Ensayo 2. evaluación de mortalidad de los controladores biológicos en contacto directo con los tratamientos

Para este caso, se confinaron los individuos de cada especie en diferentes jaulas entomológicas (Figura 12A), se realizó la aplicación directa de los diferentes tratamientos sobre las jaulas entomológicas que contenían los insectos, luego de 30 min se seleccionaron los individuos más activos y se confinaron en las diferentes unidades experimentales (5 individuos/unidad experimental).

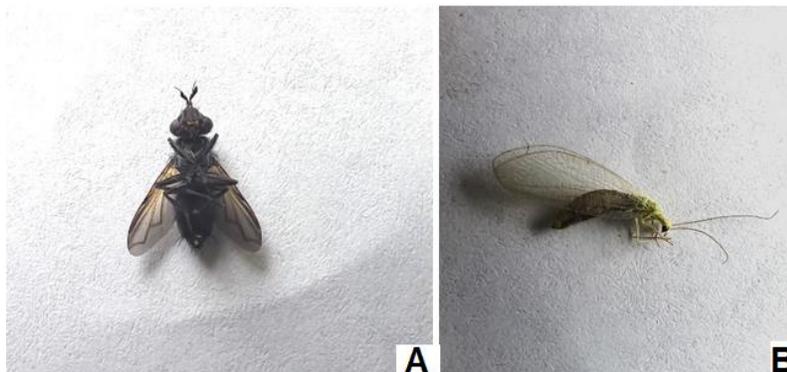
Se realizó el seguimiento del número de individuos muertos por unidad experimental a las 4, 8, 24, 48 y 72 horas después de aplicados los tratamientos. A los individuos vivos después de 72 horas, se les continuó el seguimiento hasta su muerte.

3.2.4 Variables evaluadas

- **Mortalidad de controladores biológicos:** se realizó de manera visual y se consideró como individuo muerto, aquel insecto que se encontró con sus apéndices plegados al cuerpo (Figura 13), sin respuesta al estímulo con un pincel o que presentara movimientos muy lentos.

Los datos obtenidos luego de las 72 horas de evaluación se corrigieron mediante la fórmula de Abbott (1925). Mortalidad: $[(\% \text{ mortalidad tratadas} - \% \text{ mortalidad control}) / (100 - \% \text{ mortalidad control})] \times 100$

Figura 13. Insecto muerto de: (A) *Lydella minense*. (B) *Chrysoperla carnea*.



3.2.5 Diseño experimental

Se realizaron dos ensayos, con el fin de determinar mortalidad de los controladores biológicos.

Ensayo 1: evaluación de mortalidad de los controladores biológicos sobre una superficie tratada.

Ensayo 2: evaluación de mortalidad de los controladores biológicos en contacto directo con los tratamientos.

Cada controlador biológico se evaluó de manera independiente bajo un diseño completamente al azar (CA), con tres tratamientos, cinco repeticiones por tratamiento y cinco individuos por repetición de cada controlador biológico. Se verificó la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene a los datos obtenidos, y se determinaron las diferencias estadísticas significativas entre la mortalidad de los controladores biológicos mediante la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

3.3 Resultados

3.3.1 Ensayo 1: evaluación de mortalidad de los controladores biológicos sobre una superficie tratada.

Durante las evaluaciones realizadas se observó que, una hora después de expuestos los adultos de *L. minense* a los tratamientos, estos descendieron al fondo de cada unida y sus apéndices se plegaron al cuerpo (muerte del insecto); mientras que, los adultos de *C. carnea* iniciaron su muerte después de tres horas de expuestos a los tratamientos, estos convulsionaron y recogieron sus apéndices.

Se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos comparados con el testigo en los diferentes tiempos de evaluación, para cada controlador biológico. Cuatro horas después de expuestos los adultos de *C. carnea* y de *L. minense* a los tratamientos, se encontró que el tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha) presentó la mayor mortalidad en cada controlador biológico (64% y 92% de mortalidad, respectivamente). Esta

mortalidad fue creciendo a través de las evaluaciones realizadas en el tiempo, llegando al 100% de mortalidad a las 48 HDE para cada controlador biológico (Tabla 22). Mientras que, el tratamiento T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) fue el que presentó menor porcentaje de mortalidad a las 4 HDE, en comparación con el tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha) para las dos especies hasta las 8 HDE, lo cual indica que su efecto de mortalidad es más lento que el observado en el tratamiento T3.

Tabla 22. Porcentaje de mortalidad de los controladores biológicos expuestos a superficie aplicada con los tratamientos.

Controladores biológicos	Tratamiento	Porcentaje de mortalidad				
		4 HDE	8 HDE	24 HDE	48 HDE	72 HDE
<i>Chrysoperla carnea</i>	T1	0,0 c	0,0 b	4,0 b	20,0 b	20,0 b
	T2	32,0 b	60,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
	T3	64,0 a	68,0 a	92,0 a	100,0 a	100,0 a
<i>Lydella minense</i>	T1	0,0 b	0,0 c	0,0 b	12,0 b	16,0 b
	T2	4,0 b	32,0 b	72,0 a	100,0 a	100,0 a
	T3	92,0 a	96,0 a	96,0 a	100,0 a	100,0 a

Nota: HDE: horas después de exposición. Para cada especie de controlador biológico los datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

No se encontraron diferencias significativas en la mortalidad corregida de los tratamientos; ya que estos alcanzaron una mortalidad del 100% en cada controlador biológico; mientras que, el testigo (T1) no supero el 20% de mortalidad (Tabla 23).

Tabla 23. Porcentaje de mortalidad corregida de los controladores biológicos expuestos a superficie aplicada con los tratamientos.

Controladores biológicos	Tratamiento	Mortalidad 72 HDE	Mortalidad corregida (Abbott)
<i>Chrysoperla carnea</i>	T1	20,0 b	
	T2	100,0 a	100,0 a
	T3	100,0 a	100,0 a
<i>Lydella minense</i>	T1	16,0 b	
	T2	100,0 a	100,0 a
	T3	100,0 a	100,0 a

Nota: HDE: horas después de exposición. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

3.3.2 Ensayo 2: evaluación de mortalidad de los controladores biológicos en contacto directo con los tratamientos

La muerte de los individuos seleccionados de las dos especies de controladores biológicos evaluados sobre la aplicación directa ocurrió a los 10 min después de ser asperjados con el tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha). Además, se establecieron diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad de los tratamientos y el testigo

Después de 4 horas de evaluación se determinó que el tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha) presento una mortalidad del 100% para *C. carnea* y *L. minense*, en el caso del tratamiento T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) la mortalidad de los insectos se observó luego de 8 HDT; con 32% y 52% para cada controlador biológico, respetivamente (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**). El tratamiento T2 alcanzo el 100% de mortalidad de los adultos de *C. carnea* a las 24 HDT; mientras tanto, los adultos de *L. minense* alcanzaron la mayor mortalidad a las 48 HDT (Tabla 24), siendo este tratamiento más amigable con los controladores biológicos.

Tabla 24.

Después de 4 horas de evaluación se determinó que el tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha) presento una mortalidad del 100% para *C. carnea* y *L. minense*, en el caso del tratamiento T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 150 ml/ha) la mortalidad de los insectos se observó luego de 8 HDT; con 32% y 52% para cada controlador biológico, respetivamente (¡**Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**). El tratamiento T2 alcanzo el 100% de mortalidad de los adultos de *C. carnea* a las 24 HDT; mientras tanto, los adultos de *L. minense* alcanzaron la mayor mortalidad a las 48 HDT (¡**Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**), siendo este tratamiento más amigable con los controladores biológicos.

Tabla 24. Porcentaje de mortalidad de los controladores biológicos expuestos directamente a los tratamientos.

Controladores biológicos	Tratamiento	Porcentaje de mortalidad				
		4 HDT	8 HDT	24 HDT	48 HDT	72 HDT
<i>Chrysoperla carnea</i>	T1	0,0 b	0,0 c	4,0 b	4,0 b	16,0 b
	T2	0,0 b	32,0 b	100,0 a	100,0 a	100,0 a
	T3	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
<i>Lydella minense</i>	T1	0,0 b	0,0 c	12,0 b	12,0 b	16,0 b
	T2	8,0 b	52,0 b	80,0 a	100,0 a	100,0 a
	T3	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a

Nota: HDT: horas después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

EL porcentaje de mortalidad observado en el tratamiento testigo T1 no supero el 16% en cada controlador biológico (Tabla 25), siento este valor adecuado para la evaluación de este tipo de ensayos (Busvine, 1971).

Tabla 25. Porcentaje de mortalidad corregida de los controladores biológicos expuestos directamente a los tratamientos.

Controladores biológicos	Tratamiento	Mortalidad 72 HDT	Mortalidad corregida (Abbott)
<i>Chrysoperla carnea</i>	T1	16,0 b	
	T2	100,0 a	100,0 a
	T3	100,0 a	100,0 a
<i>Lydella minense</i>	T1	16,0 b	
	T2	100,0 a	100,0 a
	T3	100,0 a	100,0 a

Nota: HDT: horas después de aplicados los tratamientos. Datos con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

3.4 Discusión

El uso de insecticidas es un componente importante en el manejo integrado de insectos plagas como en el caso de *D. saccharalis* (Posey et al., 2009). Los efectos que estos pueden causar sobre la fauna beneficiosa presente en un agroecosistema, es suprimir las poblaciones y afectar el control natural que estos ejercen sobre los insectos plagas (Devine & Furlong, 2007). Por lo anterior, en este estudio se evaluó el efecto que causan los ingredientes activos plinazolin + emamectina benzoato (T2) y el piretroide lambda-cyhalotrina (T3), sobre los controladores biológicos *C. carnea* y *L. minense*; presentes en el agroecosistema del cultivo de arroz.

La aplicación de insecticidas puede incidir en el efecto que causan los controladores biológicos en el manejo de un insecto plaga, ocasionando la muerte, afectando el comportamiento o la tasa de reproducción del insecto (Van-Driesche, 2007). Estos pueden causar efectos letales y subletales a corto y largo plazo; generando la muerte del insecto en las primeras 24 horas después de la exposición o afectando los procesos fisiológicos, bioquímicos y ecológicos del insecto (Gentz et al., 2010; Roubos et al., 2014). En esta investigación se encontró que el tratamiento T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 150

ml/ha) ocasionó la muerte del 100% de los individuos del depredador *C. carnea* después de 24 horas y del parasitoide *L. minense* después de las 48 horas de exposición o aspersión directa; antes de este tiempo, el depredador o parasitoide puede ejercer su control natural sobre las poblaciones del insecto plaga.

Argentine et al. (2001), establecieron que la aplicación de emamectina benzoato ocasiona menos del 10% de mortalidad de las arañas presentes en el cultivo de algodón, además determinaron que este insecticida es selectivo y de degradación rápido, ocasionando así, menos daños a los insectos no blancos. Estudios desarrollados por López et al. (2010), recomendaron que el uso de emamectina benzoato utilizado bajo el esquema de manejo integrado en el cultivo de maíz, es inofensivo para los depredadores naturales que están presentes dentro de este cultivo. Del mismo modo, Tong-Xian et al. (2002), encontraron que el emamectina benzoato era más tóxico para las arañas presentes en el cultivo de repollo que el uso de indoxocarb y spinosad.

Por otro lado, el piretroide lambda-cyhalotrina es un insecticida de amplio espectro, que actúa sobre lepidópteros y es utilizado para el control de *D. saccharalis* en el cultivo de maíz. En este estudio se encontró que el tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha), ocasionó la muerte de los controladores biológicos en menos de 40 min al asperjar los tratamientos de manera directa sobre estos. Según Fagundes et al. (2019), este insecticida es capaz de causar el 100% de mortalidad del parasitoide *C. flavipes* en el cultivo de caña de azúcar. Lo mismo encontraron Tillman & Mulrooney (2000), quienes reportaron que este insecticida causa efecto deletéreo para todos los enemigos naturales presentes en el cultivo de algodón. Pilling et al. (1995) observaron que, después de aplicado este insecticida en el cultivo de arroz, hay una disminución en la población de arañas presentes en el cultivo.

Amarasekare et al. (2016), concluyeron que los efectos subletales deben evaluarse y cuantificarse, con el fin de determinar el efecto fisiológico, demográfico y de tabla de vida que los insecticidas pueden causar sobre los enemigos naturales. Actualmente se cuenta con insecticidas de bajo impacto, que presentan periodos más cortos de toxicidad, son más específicos, son más compatibles con los enemigos naturales y son eficientes a menores cantidades de ingrediente activo (Horowitz & Ishaaya, 2004).

Van-Driesche et al. (2007), afirman que la presencia de plagas se origina debido a la ausencia de enemigos naturales; ya que estos son más susceptibles a los insecticidas que los insectos blancos. Los insecticidas eliminan los controladores biológicos de tal manera que los insectos plagas sobreviviente y recuperan rápidamente sus poblaciones, causando un mayor impacto en el cultivo hospedero.

3.5 Conclusiones

La aplicación directa de los ingredientes activos sobre los controladores biológicos causa mayor impacto en la mortalidad, que cuando estos quedan expuestos sobre una superficie tratada. También se encontró que, el tratamiento T2 (plinazolin + emamectina benzoato, 150ml/ha), tardó más de 24 horas para ocasionar el 100% de la muerte de *C. carnea* y *L. minense*, generando así un chance para que estos realicen su trabajo de depredación y parasitismo en el agroecosistema del cultivo de arroz.

El tratamiento T3 (lambda-cyhalotrina, 60 ml/ha) fue el más agresivo; debido a que ocasiono la muerte de *C. carnea* y *L. minense* en menos de 40 minutos, al ser aplicado de manera directa sobre los insectos y en el caso de los individuos expuestos a este tratamiento, se registró la mortalidad una hora después de estar en contacto.

Bajo las condiciones de laboratorio, los adultos de *C. carnea* y de *L. minense* vivos del tratamiento testigo (T1), duraron aproximadamente 14 y 8 días; respectivamente para cada controlador biológico.

A. Anexo 1: Registro nacional de insecticidas

Registro nacional de insecticidas para el cultivo de arroz – ICA 2022

En el cultivo de arroz se utilizan un gran número de insecticidas para el control de diferentes problemáticas sanitarias. Más de 300 productos comerciales cuentan con registro ICA para este cultivo (https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1/documentos/publicacion-bd_rn-rf_-31-mar-2022-1.aspx); entre los que se destacan los ingredientes activos: monocrotofos, dimetoato, clorpirifos, profenofos, diazinon, carbofuran, cypermetrina, betacyflutina, deltametrina, alfa-cypermetrina, lambda-cyhalothrina, betacypermetrina, diflubenzuron, clorfuazuron, teflubenzuron, avemectina, emamectin benzoato, fipronil, nitroguanidina, imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam, dinotefuran, chlorantraniliprole y sufoxaflor asperjados al follaje (Meneses, 2008; Pérez & Cuevas, 2018; Sidhu et al., 2014).

4. Bibliografía

- Abril, W., Maldonado, E., Ronquillo, F., Yagual, K., López, W., Tenesaca, C., & Salinas, I.** (1991). Insectos-plaga de importancia y su manejo integrado en el cultivo del arroz en el Ecuador. In *Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz*.
- Argentine, J., Jansson, R., Halliday, W., Rugg, D., & Jany C.** (2001). Potency, Spectrum and Residual Activity of Four New Insecticides under Glasshouse Conditions. *Florida Entomologist*, 85(4), 552–562.
- Barbosa, J., Freitas, J., Oliveira, T., Silva, J., Marcal, P., & Neves, R.** (2015). Evaluation of rice genotypes for sugarcane borer resistance using phenotypic methods and molecular markers. *Crop Protection*, 67(1), 43–51.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.09.018>
- Bass, C., Denholm, I., Williamson, M., & Nauen, R.** (2015). The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. In *Pesticide Biochemistry and Physiology* (Vol. 121, pp. 78–87). Academic Press Inc.
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.04.004>
- Bustillo, Á.** (2013). Insectos plaga y organismos benéficos del cultivo de la caña de azúcar en Colombia. In *Cenicaña*.
- Camargo, I., Quirós, E., & Zachrisson, B.** (2014). Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. In *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá*. <http://www.idiap.gob.pa/download/innovacion-tecnologica-para-el-manejo-integrado-del-cultivo-de-arroz-en-panama/>
- Cameron, R., Lang, E., & Álvarez, J.** (2014). Use of honeydew production to determine reduction in feeding by *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) adults when exposed to cyantraniliprole and imidacloprid treatments. *Journal of Economic Entomology*, 107(2), 546–550. <https://doi.org/10.1603/EC13369>
- Cardona, C., & Mesa, N.** (2015). *Entomología económica y manejo de plagas* (Primera edición). Universidad Nacional de Colombia.

- Corrales, J., Villalobos, M., Vargas, A., Rodríguez, J., & Gonzáles, A.** (2017). *Principales plagas de artrópodos en el cultivo de arroz en Costa Rica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10932.pdf>
- Cuevas, A.** (2010). El barrenador del tallo: otro insecto favorecido por factores climáticos. *Boletín Informativo de La Federación Nacional de Arroceros - Fondo Nacional Del Arroz*, 239, 1–8.
- Cuevas, A., Castilla, A., Pérez, C., & Higuera, O.** (2018). Alternativas de manejo natural y biológico en la finca ANTEC. In *Fedearroz*.
- DANE.** (2020). Población de Colombia. <https://www.dane.gov.co/index.php/138-espanol/732-poblacion> Revisado el 20 julio de 2021.
- Degiovanni, V., Berrio, L., & Charry, R.** (2010). Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). In *Producción ecológica del arroz en América Latina* (CIAT, pp. 35–59). https://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.** (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81–106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- Devine G, & Furlong M.** (2007). Insecticide use: Contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human Values*, 24(3), 281–306. <https://doi.org/10.1007/s10460-007-9067-z>
- Dong J, Wang K, Li Y, & Wang S.** (2017). Lethal and sublethal effects of cyantraniliprole on *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 136, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.08.003>
- El-Sayed A, & El-Sheikh.** (2015). Comparative toxicity and sublethal effects of emamectin benzoate, lufenuron and spinosad on *Spodoptera littoralis* Bois. (Lepidoptera: Noctuidae). *Crop Protection*, 67, 228–234. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.022>
- EPPO** (2023). Global data base, *Diatraea saccharalis* (DIATSA) <https://gd.eppo.int/taxon/DIATSA/hosts> Revisada el 28 febrero de 2023
- EWRS.** <https://www.ewrs.org/en/> Revisada el 28 febrero de 2023
- Fagundes, T., Zanuzo, O., & Takao, P.** (2019). Impacts of seven insecticides on *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). *Ecotoxicology*, 28(10), 1210–1219. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02129-8>

- FAO.** (2004). El Arroz y la Nutrición Humana. *Año Internacional Del Arroz*, 2. <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>
- Fedearroz.** (2022). Area, Producción y Rendimientos. http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php Visitado el 20 febrero de 2023.
- Ferreira, E., Freitas, J., Castro, E., & Baeta, A.** (2004). Perdas de producao pela broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabr. 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em genótipos de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34(2), 99–103.
- Gentz, M., Murdoch, G., & King, G.** (2010). Tandem use of selective insecticides and natural enemies for effective, reduced-risk pest management. *Biological Control*, 52(3), 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.012>
- Gómez, L., & Vargas, G.** (2014). Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp., en el Valle del río Cauca: investigación participativa con énfasis en control biológico. In *Cenicaña*.
- González, J.** (1985). Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). In *Arroz: investigación y producción* (CIAT, Vol. 1, pp. 45–80). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB191.R5_A7_C3_Arroz_Investigación_y_producción_Referencia_de_los_cursos_de_capacitación_sobre_ar.pdf#page=57
- Grafton-Cardwell E, Godfrey L, Chaney W, & Bentley W.** (2005). Various novel insecticides are less toxic to humans, more specific to key pests. *California Agriculture*, 59(1), 28–34. <http://CaliforniaAgriculture.ucop.edu>
- IRAC.** (2023). *Insecticide Resistance Action Committee www.irc-online.org IRAC Susceptibility Test Methods Series. 4* (December), 10–12. www.irc-online.org
- Lahm, G., Selby, T., Fredenberger, J., Severson, T., Myers, B., Seburyamo, G., Smith, B., Flexner, L., Clark, C., & Cordova, D.** (2005). Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 22, 4898–4906.
- Lastra, L., & Gómez, L.** (2006). La cría de *Diatraea saccharalis* (F.) para la producción masiva de sus enemigos naturales. In *Cenicaña* (Cenicaña, Vol. 36). http://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_36/st_36.pdf
- Litsinger, J., Bandong, J., Canapi, B., Dela-Cruz, C., Pantua, P., Alviola, A., & Batay-An, H.** (2005). Evaluation of action thresholds for chronic rice insect pests in the Philippines. I. Less frequently occurring pests and overall assessment. *International Journal of Pest Management*, 51(1), 45–61. <https://doi.org/10.1080/09670870400028284>

- López, J., Latheef, M., & Hoffmann, W.** (2010). Effect of emamectin benzoate on mortality, proboscis extension, gustation and reproduction of the corn earworm, *Helicoverpa zea*. *Journal of Insect Science*, *10*. <https://doi.org/10.1673/031.010.8901>
- Meneses, N.** (2017). Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. *Revista Médica de Homeopatía*, *10*(1), 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.homeo.2017.04.004>
- Meneses, R.** (2008). Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz. In *Iiarroz (Instituto de Investigación del Arroz - Cuba)*. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/libros/LIBRO_Manejo_Integrado_de_los_principales_insectos_y_acaros_plagas_del_arroz.pdf
- Pérez, C.** (2018). Observaciones bioecológicas de los barrenadores en el cultivo de arroz. *Investigación y Transferencia de Tecnología En Arroz. Fedearroz, Fondo Nacional Del Arroz, Seccional Montería. Colombia*, *64*, 44–55. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/observaciones-bioecologicas-barrenadores-cultivo-t41878.htm>
- Pérez, C., & Cuevas, A.** (2018). Manejo integrado de insectos en el cultivo de arroz. In *Fedearroz*. http://www.fedearroz.com.co/docs/cartilla_manejo_insectos.pdf
- Pes, M., Melo, A., Stacke, R., Zanella, R., Perini, C., Silva, F., & Carús, V.** (2020). Translocation of chlorantraniliprole and cyantraniliprole applied to corn as seed treatment and foliar spraying to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *PLoS ONE*, *15*(4), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229151>
- Posey, F., White, W., Reay-Jones, F., Gravois, K., Salassi, M., Leonard, B., & Reagan, T.** (2009). Sugarcane Borer (Lepidoptera: Crambidae) Management Threshold Assessment on Four Sugarcane Cultivars. *Journal of Economic Entomology*, *99*(3), 966–971. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.3.966>
- Reay-Jones, F., Way, M., & Reagan, T.** (2007). Economic assessment of controlling stem borers (Lepidoptera: Crambidae) with insecticides in Texas rice. *Crop Protection*, *26*(7), 963–970. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.09.002>
- Riveros, G., & Rodríguez, N.** (2010). La fisiología de la planta y la productividad del cultivo. In *Producción eco-eficiente de arroz en América latina* (CIAT, pp. 100–113). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf
- Rodríguez, L., Loredó, R., Mata, H., & Ávila, J.** (2012). Manejo integrado de barrenadores en caña de azúcar en el sur de Tamaulipas. In *Sagarpa*.

- Roubos, C., Rodriguez-Saona, C., & Isaacs, R.** (2014). Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biological Control*, *75*, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.01.006>
- SAG.** (2003). Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). In *Secretaría de agricultura y ganadería*.
- Sagarpa.** (2015). Ficha Técnica Barrenador de la caña de azúcar Nombre común Barrenador Situación en México: Hospederos. In *Sistema Potosino de Vigilancia Epidemiológica*.
- Sâmia, R., Gontijo, P., Oliveira, R., & Carvalho, G.** (2019). Sublethal and transgenerational effects of thiamethoxam applied to cotton seed on *Chrysoperla externa* and *Harmonia axyridis*. *Pest Management Science*, *75*(3), 694–701. <https://doi.org/10.1002/ps.5166>
- Sanint, L.** (2010). Nuevos retos y grandes oportunidades tecnológicas para los sistemas arroceros: Producción, seguridad alimentaria y disminución de la pobreza en América Latina y el Caribe. In *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina* (CIAT, pp. 4–13).
- Sattelle, D., Cordova, D., & Cheek, T.** (2008). Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. *Invert Neurosci.*, *8*(3), 107–119.
- Sidhu, J., Hardke, J., & Stout, M.** (2014). Efficacy of dermacor-X-100® seed treatment against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on rice. *Florida Entomologist*, *97*(1), 224–232. <https://doi.org/10.1896/054.097.0129>
- Taleh, M., Rafiee, H., Naseri, B., Ebadollahi, A., Sheikhi, A., & Talebi, K.** (2021). Toxicity and biochemical effects of emamectin benzoate against *Tuta absoluta* (Meyrick) alone and in combination with some conventional insecticides. *Physiological Entomology*, *46*(3–4), 210–217. <https://doi.org/10.1111/phen.12360>
- Tang, T., Liu, X., Wang, P., Fu, W., & Ma, M.** (2017). Thiamethoxam seed treatment for control of rice thrips (*Chloethrips oryzae*) and its effects on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). *Crop Protection*, *98*, 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.03.024>
- Tillman, P., & Mulrooney, J.** (2000). Effect of Selected Insecticides on the Natural Enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in Cotton. *Journal of Economic Entomology*, *93*(6), 1638–1643.

- Tomizawa, M., & Casida, J.** (2003). Selective Toxicity of Neonicotinoids Attributable to Specificity of Insect and Mammalian Nicotinic Receptors. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 48, pp. 339–364).
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112731>
- Tong-Xian, L., Alton, N., Chen, W., Ge-Mei, L., & Brister, C.** (2002). Toxicity, Persistence, and Efficacy of Indoxacarb on Cabbage Looper (Lepidoptera: Noctuidae) on Cabbage. *J. Econ. Entomol*, *95*(2), 360–367.
- Torres, E., & Márquez, J.** (2010). Residualidad de productos químicos utilizados para el control de larvas del barrenador (*Diatraea crambidoides*, Lepidoptera). *Cengicaña*, 222–231.
- Van-Driesche, R., Hoddle, M., & Center, T.** (2007). Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. *USDA*, 765.
- Vargas, G., Lastra, L., Ramírez, G., & Solís, M.** (2018). The *Diatraea* Complex (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia's Cauca River Valley: Making a Case for the Geographically Localized Approach. *Neotropical Entomology*, *47*(3), 395–402.
<https://doi.org/10.1007/s13744-017-0555-6>
- Vargas, G., Lastra, L., & Solís, M.** (2013). First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca river valley of Colombia. *Florida Entomologist*, *96*(3), 1198–1201.
- Way, M., Reay-Jones, F., & Reagan, T.** (2006). Resistance to stem borers (Lepidoptera: Crambidae) among Texas rice cultivars. *Journal of Economic Entomology*, *99*(5), 1867–1876. <https://doi.org/10.1093/jee/99.5.1867>
- Zúñiga-Oviedo, M., & Soto-Giraldo, A.** (2018). Control microbiológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) en caña panelera a nivel de campo. *Boletín científico Del Centro de Museos*, *22*(2), 33–41.
<https://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.2.4>